

MICHEL HOULÉ

**PÉTROLOGIE ET MÉTALLOGÉNIE
DU COMPLEXE DE MENARIK, BAIE JAMES,
QUÉBEC, CANADA.**

TOME I

Mémoire
présenté
à la Faculté des études supérieures
de l'Université Laval
pour l'obtention
du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

Département de géologie et de génie géologique
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE
UNIVERSITÉ LAVAL

NOVEMBRE 2000

© Michel Houlé, 2000



National Library
of Canada

Acquisitions and
Bibliographic Services

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque nationale
du Canada

Acquisitions et
services bibliographiques

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence

Our file Notre référence

The author has granted a non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of this thesis in microform, paper or electronic formats.

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

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de cette thèse sous la forme de microfiche/film, de reproduction sur papier ou sur format électronique.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

0-612-56406-1

Canada

Résumé

Le Complexe de Menarik (CDM) est une intrusion ultramafique archéenne de la sous-province de La Grande à la Baie-James. Le complexe est constitué principalement de dunites, de harzburgites et de chromitites. La géochimie de ces roches est contrôlée par le fractionnement de l'olivine et de la chromite tandis que l'Opx (et le Cpx) influencent peu l'évolution géochimique de l'intrusion. La chromite est le seul minéral magmatique préservé compte tenu de l'hydratation et de la carbonatation locale du CDM. Le CDM est hôte de deux types de minéralisation, soit une minéralisation magmatique en Cr-ÉGP avec une remobilisation postérieure des platinoïdes dans les horizons de chromitites et une minéralisation filonienne de Cu-Ni-ÉGP localisée à proximité de linéaments topographiques (ou failles) facilitant la circulation hydrothermale.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, Dr. Réjean Hébert, pour l'intérêt et l'enthousiasme qu'il a porté à ce projet. Également, je tiens à remercier mon co-directeur de recherche, Dr. Georges Beaudoin, qui a su me guider tout au long de ma maîtrise et spécialement lors de l'année sabbatique de mon directeur. J'aimerais également souligner la contribution toute spéciale du Dr. Marc Richer-Lafèche qui a été grandement appréciée tant pour le volet analytique que l'ensemble du projet. Ce dernier ne peut être considéré officiellement comme co-directeur malgré son implication tout au long de ma maîtrise. Mes remerciements vont également au Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRNQ, Service du Nord-Ouest), sans qui le projet n'aurait pas été possible. Plus particulièrement Jean Goutier, Claude Dion et Jules Cimon qui m'ont conseillé et supporté sur le terrain et durant les trois années de mon projet de maîtrise. J'aimerais également souligner l'apport de monsieur Denis Bois de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (URSTM) qui m'a permis de travailler sur le projet du lac Yasinski à l'été 1997, sur le projet du lac Sakami à l'été 1998 et sur le projet de LG-3 à l'été 1999 me permettant ainsi d'effectuer la cartographie et la vérification du site à l'étude.

Je voudrais aussi remercier tout ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet de maîtrise et ceux qui m'ont supporté pendant ces trois longues années. Je ne voudrais certainement pas passer sous silence la contribution de ma conjointe, Isabelle, et de ma famille sans qui je n'aurais peut-être jamais passé au travers de ce mémoire.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX	xxiv
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xxix

CHAPITRE I - INTRODUCTION

1.1 Objectifs du projet de recherche	1
1.2 Accès et physiographie de la région	2
1.3 Méthodologie	4
1.4 Travaux antérieurs	4
1.5 Généralités sur les gîtes de chromite et d' ÉGP	7
1.5.1 Gîtes de chromite	7
1.5.2 Gîtes d'éléments du groupe du platine	10

CHAPITRE II - CONTEXTE GÉOLOGIQUE

2.1 Géologie régionale	15
2.2 Stratigraphie et géochronologie	18
2.3 Géologie locale	20
2.3.1 Granodiorite du Complexe de Langelier	20
2.3.2 Groupe de Yasinski	22
2.3.3 Formation d'Ekomiak	23
2.3.4 Intrusion de Duncan	23
2.3.5 Pluton d'Amisach Wat	24
2.3.6 Complexe de Menarik	24
2.3.7 Dykes à xénolites	25
2.3.8 Dykes protérozoïques	25
2.4 Métamorphisme et structure	26

CHAPITRE III - GÉOLOGIE DU COMPLEXE DE MENARIK

3.1 Classification des roches ultramafiques.....	27
3.2 Les roches mafiques	32
3.2.1 Les roches gabbroïques de la ZM.....	32
3.2.2 Les dykes gabbroïques.....	35
3.3 Les roches ultramafiques	36
3.3.1 La Zone Ultramafique (ZU)	36
3.3.1.1 Les chromitites	36
3.3.1.2 Les péridotites à chromite	44
3.3.1.3 Les péridotites	45
3.3.1.4 Les pyroxénites	46
3.3.2 Dykes ultramafiques	53
3.3.2.1 Pyroxénites à magnétite	53
3.3.2.2 Pyroxénites.....	53
3.3.3 Stratigraphie	54
3.3.4 Minéralisations de Ni-Cu-Co-ÉGP	55
3.4 Structures magmatiques dans le CDM	56
3.5 Le métamorphisme	61
3.5.1 Zone Mafique	61
3.5.2 Zone Ultramafique	62
3.6 L'ordre de cristallisation	64
3.7 Contact entre le CDM et les roches encaissantes	65
3.8 Synthèse	66

CHAPITRE IV – DESCRIPTION DES STRUCTURES

4.1 Éléments structuraux.....	68
4.1.1 Litage et foliation magmatique	68
4.1.2 Orientation des dykes.....	70
4.1.3 Plis	72
4.1.4 Failles.....	75
4.1.5 Linéaments topographiques	75
4.2 Géométrie du Complexe de Menarik	77
4.3 Chronologie des événements	80

4.4 Synthèse.....	81
-------------------	----

CHAPITRE V – GÉOCHIMIE

5.1 Méthodes analytiques	82
5.1.1 Éléments majeurs	82
5.1.2 Traces	83
5.1.3 Terres Rares	83
5.1.4 Éléments du groupe du platine	85
5.2 Mobilité des éléments chimiques	86
5.3 Compositions moyennes.....	88
5.4 Diagrammes de variations des éléments majeurs et traces	91
5.5 Spectres des terres rares (TR)	99
5.6 Affinité magmatique	104
5.7 Consanguinité des roches magmatiques du CDM	105
5.8 Éléments du groupe du platine, Ni et Cu	108
5.8.1 Comportement géochimique des ÉGP	113
5.8.1.1 Comportement géochimique des I-ÉGP	115
5.8.1.2 Comportement géochimique des P-ÉGP	117
5.9 Variations stratigraphiques des abondances en ÉGP des différentes lithologies	120
5.10 Synthèse	124

CHAPITRE VI – CHIMIE MINÉRALE

6.1 Minéraux primaires	127
6.1.1 Pyroxène	127
6.1.2 Chromite	132
6.1.2.1 Morphologie de la chromite	132
6.1.2.2 Composition de la chromite du CDM	141
6.1.2.3 Effet du métamorphisme et de l'altération sur la composition de la chromite	147
6.1.2.4 Composition "primaire" de la chromite	148
6.2 Minéralogie secondaire	155
6.2.1 Serpentine	155

6.2.2 Chlorite	158
6.2.3 Amphibole	163
6.2.4 Carbonate	166
6.3 Géothermobarométrie	167
6.3.1 Pyroxène	167
6.3.2 Chromite	169
6.3.3 Chlorite	171
6.4 Sulfures	172
6.5 Éléments du groupe du platine	173
6.5.1 Minéraux du groupe du platine (MGP)	174
6.5.2 Présence d'ÉGP dans les autres minéraux	179
6.6 Synthèse	181

CHAPITRE VII - DISCUSSION

7.1 Pétrogenèse du Complexe de Menarik	183
7.1.1 Séquence de cristallisation des magmas dans le CDM	183
7.1.2 Composition du magma parental	185
7.1.3 Spectres de TR	186
7.1.4 Un ou deux magmas ?	190
7.2 Origine des chromitites du CDM	191
7.3 Origine des minéralisations en ÉGP	198
7.4 Comparaison avec d'autres intrusions stratiforme	206
7.4.1 Classification	206
7.4.2 Chromite, indicateur pétrogénétique	208
7.4.3 Éléments du groupe du platine	211
7.4.4 Comparaison pétrologique	213
7.5 Modèle métallogénique	216
7.6 Travaux futurs	220
7.7 Synthèse	222

CHAPITRE VIII - CONCLUSION

225

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 229

ANNEXES

ANNEXE A Coupes détaillées et composition des minéraux normatifs.....	246
ANNEXE B Analyses lithogéochimiques	253
B.1 Analyses des majeurs et traces (ponctuelles)	255
B.2 Analyses des coupes détaillées	268
B.3 Analyses des TR (ponctuelles)	274
ANNEXE C Analyses minéralogiques à la microsonde et au microscope électronique à balayage	275
C.1 Analyses des pyroxènes	278
C.2 Analyses des chromites	280
C.3 Analyses des serpentines	365
C.4 Analyses des chlorites	376
C.5 Analyses des amphiboles	388
C.6 Analyses des carbonates	392
C.7 Analyses des sulfures (éléments majeurs)	394
C.8 Analyses des sulfures (éléments traces et ÉGP)	399
ANNEXE D Volet Analytique	407
D.1 Liste des échantillons	408
D.2 Limites de détection	413
D.3 Méthodes analytiques utilisées pour l'analyse en spectrométrie de masse à source plasma	416
D.3.1 Digestion acide (TR)	416
D.3.1.1 Décontamination des bombes	416
D.3.1.2 Mise en solution des poudres de roches	416
D.3.1.3 Analyse à spectrométrie de masse à source plasma (ICP-MS).....	418
D.3.1.4 Évolution de la qualité des analyses des roches	419
D.3.2 Dosage et mise en solution des ÉGP	421
D.3.2.1 Réactifs et matériel utilisé	421

D.3.2.2	Protocole analytique	421
D.3.2.3	Mode opératoire	422
D.3.2.4	Instrumentation et conditions d'analyse	427
D.3.2.5	Interférences et choix des isotopes	428
D.3.2.6	Standards internes et calibration externe	430
D.3.2.7	Limite de détection	431
D.3.2.8	Contamination et blanc analytique	431
D.4	Microanalyse	435
D.4.1	Conditions d'opérations	435
D.4.2	Standards utilisés et limites de détection	437
D.4.3	Conditions d'analyses pour ÉGP dans les sulfures	441
D.4.4	Compositions des standards	447

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Carte de localisation du Complexe de Menarik, Baie-James.....	3
Figure 2.1	Géologie régionale simplifiée de la région du Complexe de Menarik (modifiée de Goutier et al., 1998b)	17
Figure 2.2	Colonne stratigraphique simplifiée de la sous-province de La Grande dans la région du Complexe de Menarik (modifiée de Goutier et al., 1998b)	19
Figure 2.3	Carte géologique simplifiée du Complexe de Menarik (modifiée de Rivard 1985 ; Pelletier 1990 et 1995).....	21
Figure 3.1	Carte géologique du Complexe de Menarik avec quelques affleurements visités (modifiée de Rivard 1985 ; Pelletier 1990 et 1995)	29
Figure 3.2	Carte de localisation des échantillons	Pochette
Figure 3.3	Carte géologique (faciès lithologiques et données structurales).....	Pochette
Figure 3.4	Projection de la composition modale en Opx + Cpx + Ol des roches ultramafiques du Complexe de Menarik. Dans le diagramme ternaire tiré de Steckeisen (1976). Carré : > 50 % de chromite, cercle entre 5 % et 50 % de chromite, triangle < 5 % de chromite	30
Figure 3.5	Veine de quartz-plagioclase avec une bordure réactionnelle de chlorite dans un gabbro à grain fin (Affl. 98-MH-4104).....	34
Figure 3.6	Zone de gabbro pegmatitique dans un gabbro à grain fin. Les amphiboles aciculaires ont de 1 à 4 cm de longueur pour le gabbro pegmatitique comparativement à seulement 2 à 3 mm pour le gabbro à grain moyen (Affl. 98-MH-4104).....	34

- Figure 3.7** Texture granulaire d'une chromitite du CDM. La chromite est idiomorphe et les minéraux interstitiels sont la serpentine et la chlorite (LM 96-CD-5115-C1)..... 38
- Figure 3.8** Texture anti-nodulaire d'une chromitite à olivine du CDM. Le matériel silicaté interstitiel est moins abondant en raison de la coalescence des grains de chromite (LM 96-CD-5113-A)..... 38
- Figure 3.9** Lit de chromitite contenant plus de 90% de chromite (Faciès I). Notez la présence d'une enclave de dunite dans l'horizon de chromitite (Affl. 97-MH-7502) 41
- Figure 3.10** Dunite à chromite (Faciès II) caractérisée par des proportions variables de chromite. La proportion de chromite est maximum au milieu de l'horizon et diminue de chaque côté pour devenir éventuellement une dunite avec moins de 5% de chromite (Affl. 97-MH-7502) 41
- Figure 3.11** Alternance de lits de chromitite, contenant plus de 90% de chromite, avec des horizons de harzburgites du Faciès III (Affl. 97-MH-7371) 42
- Figure 3.12** Alternance de lits de chromitite à silicate contenant entre 50% et 90% de chromite, avec des harzburgites (et des webstérites à olivine) du Faciès III (Affl. 97-MH-7371) 42
- Figure 3.13** Horizon de chromitite montrant le Faciès III à la base surmonté du Faciès I cumulat et du Faciès I à nodules au sommet (Affl. 97-MH-7384) 43
- Figure 3.14** Texture d'une dunite à chromite du CDM. La chromite subidiomorphe (25 à 30%) se retrouve en amas interstitiels aux cumulats d'olivine (LM 97-MH-7371-12) 48

Figure 3.15	Texture d'une dunite à chromite du CDM. La chromite subidiomorphe (5 à 7%) se retrouve en amas interstitiels aux cumulats d'olivine (LM 97-MH-7371-10)	48
Figure 3.16	Texture typique d'une dunite du CDM. La chromite (1 à 2 %) forme des grains intercumulus subidiomorphes (LM 96-CD-5113-A2)	49
Figure 3.17	Texture typique d'une lherzolite poecilitique du Complexe de Menarik (Affl. 97-MH-7384)	50
Figure 3.18	Texture typique d'une lherzolite poecilitique du Complexe de Menarik (LM 97-MH-7371-22)	50
Figure 3.19	Texture typique d'une webstérite à olivine du Complexe de Menarik (Affl. 98-MH-4215)	51
Figure 3.20	Texture typique d'une webstérite à olivine en lame mince du Complexe de Menarik (LM 98-MH-4215).....	51
Figure 3.21	Dunite à chromite qui est recoupée par un petit dyke de webstérite à olivine (Affl. 97-MH-7490)	52
Figure 3.22	Dunite à chromite qui est recoupée par un petit dyke de webstérite à olivine (Affl. 97-MH-7490). La distinction entre les deux faciès lithologiques est très subtile. La présence de chromite interstitielle dans la dunite est un critère pour la distinguer de la webstérite à olivine.	52
Figure 3.23	Structure de chenal observée dans une chromitite à silicate du Complexe de Menarik indiquant une polarité vers le sud (Affl. 97-MH-7371).....	58
Figure 3.24	Bloc de chromitite rythmique (Faciès III) dans une harzburgite du Complexe de Menarik (Affl. 97-MH-7495).....	58

- Figure 3.25** (A) Granoclassement dans une chromitite à silicate qui suggère une polarité vers le sud (Affl. 97-MH-7371). (B) Horizon de chromitite à silicate montrant un granoclassement inverse et normal définissant un pli isoclinal (Affl. 97-MH-7498). (C) Structure spectaculaire montrant une succession de dunite à chromite suivie de chromitite à silicate et finalement de chromitite (Affl. 97-MH-7448)..... 59
- Figure 3.26** Texture entre une dunite et une webstérite à olivine du Complexe de Menarik (Affl. 97-MH-7499) 60
- Figure 3.27** Développement de structures concentriques « d'altération en boule » lors de la serpentinisation dans une harzburgite du CDM. 63
- Figure 3.28** Séquence de cristallisation de la Zone Mafique du Complexe de Menarik (ligne pointillée = phase interstitielle, ligne pleine = phase idiomorphe à subidiomorphe). 64
- Figure 3.29** Séquence de cristallisation de la Zone Ultramafique du Complexe de Menarik (ligne pointillée = phase interstitielle, ligne pleine = phase idiomorphe à subidiomorphe)..... 65
- Figure 3.30** Contact inférieur entre une pyroxénite (webstérite à olivine) et la tonalite de Duncan. On note la présence d'enclaves centimétriques de tonalite à la base de la roche ultramafique (Affl. 97-MH-7489) 66
- Figure 4.1** Carte géologique du Complexe de Menarik identifiant les principaux domaines structuraux (modifiée de Rivard, 1985 ; Pelletier 1990 et 1995) 69
- Figure 4.2** Diagrammes équiaires du Complexe de Menarik. (A) Stéréogramme montrant la distribution du litage et de la

- foliation. (B) Stéréogramme montrant l'attitude moyenne des dykes mafiques et ultramafiques dans la région du CDM. 71
- Figure 4.3** Pli isoclinal dans un lit de chromitite situé à l'intérieur d'une séquence rythmique. Ce type de structure est observé localement dans le bloc nord du CDM (Affl. 97-MH-7384). 73
- Figure 4.4** Pli en Z dans une dunite situé à l'intérieur d'une séquence rythmique. Ce type de structure est probablement dû à un phénomène de glissement (plan de décollement) du niveau silicaté sur le niveau à chromites (Affl. 97-MH-7371). 73
- Figure 4.5** Pli tectonique observé dans le domaine I du bloc sud du CDM (Affl. 97-MH-7507). (1) So identifié par l'horizon de chromite. (2) Plan axial de la charnière du pli tectonique. (3) Faille fragile dextre déplaçant légèrement l'horizon de chromite. 74
- Figure 4.6** Photo aérienne de la région du Complexe de Menarik montrant les principales failles et les grands linéaments topographiques. La ligne pointillée blanche correspond aux linéaments topographiques. La ligne pointillée noire correspond aux linéaments topographiques où des évidences de failles ont été observées (Photo R1225-168) 78
- Figure 4.7** Diagrammes équiariaires des différents domaines structuraux du Complexe de Menarik. 78
- Figure 4.8** Coupe schématique (nord-sud et sub-verticale) du Complexe de Menarik montrant la géométrie de l'intrusion dans l'espace..... 79
- Figure 5.1** Diagrammes de covariation des terres rares en fonction de l'altération (perte au feu :PAF). (A) TR légères en fonction de la PAF. (B) TR lourdes en fonction de la PAF. Légende : se référer à la figure 5.2. 87
- Figure 5.2** Symboles utilisés dans les diagrammes de variations. 94

- Figure 5.3** Diagrammes de variations des teneurs en éléments majeurs et traces des roches du CDM, en fonction du MgO. (A) SiO₂ vs MgO. (B) Al₂O₃ vs MgO. (C) Cr₂O₃ vs MgO. (D) CaO vs MgO. (E) Fe₂O₃ vs MgO. (F) TiO₂ vs MgO. (G) Na₂O et K₂O vs MgO. (H) PAF vs MgO. (I) Cu vs MgO. (J) Zn vs MgO. (K) Ni vs MgO. (L) Co vs MgO (M) V vs MgO. (N) Sc vs MgO. (O) Ba vs MgO. (P) Sr vs MgO. (Q) Y vs MgO. (R) Zr vs MgO. Légende : se référer à la figure 5.2. 94-98
- Figure 5.4** Spectres de terres rares pour les différentes lithologies du CDM. Légende : se référer à la figure 5.2. 102
- Figure 5.5** Les TR des roches du CDM montrent quatre types de spectres. (A) Spectres de TR sub-chondritiques légèrement appauvris en TR légères. (B) Spectres de TR plats chondritiques. (C) Spectres de TR sub-chondritiques légèrement enrichis en TR légères. (D) Spectres de TR fortement enrichis en TR légères. Légende : se référer à la figure 5.2. 103
- Figure 5.6** (A) Diagramme AFM des cumulats et des dykes de la région du Menarik (modifié de Irvine et Baragar, 1971). (B) Diagramme cationique de Jensen des cumulats et des dykes de la région du Menarik (modifié de Jensen, 1976). Légende : se référer à la figure 5.2. 104-105
- Figure 5.7** Diagrammes de variations des éléments incompatibles pour les différentes lithologies du CDM. (A) Y vs Zr. (B) Zr/Y vs Zr. (C) (La/Ce)_N vs Zr. (D) (La/Sm)_N vs Zr. (E) (Zr/Sm)_N vs Zr. (F) Spectres des TR pour les gabbros et les dykes gabbroïques. Zone ombragée : péridotites de la ZU. Légende : se référer à la figure 5.2. 107
- Figure 5.8** Spectres des ÉGP et du Ni-Cu pour les différentes lithologies du CDM. Légende : se référer à la figure 5.2. 111

- Figure 5.9** A à F) diagrammes de variations des ÉGP pour les différentes lithologies du CDM. (H) Variation du rapport Pt/Pd en fonction des teneurs totales en ÉGP. Légende se référer à la figure 5.2. 114
- Figure 5.10** Diagrammes de variations de la teneur en Ir en fonction du Cr₂O₃, du MgO, de Al₂O₃, du S, du Ni et du Cu pour les différentes lithologies du CDM. Légende : se référer à la figure 5.2. 116
- Figure 5.11** Diagrammes de variations de la teneur en Pd en fonction du Cr₂O₃, du MgO, de l'Al₂O₃, du S, du Ni, du Cu, du Co et du Sc pour les différentes lithologies du CDM. Légende : se référer à la figure 5.2. 118
- Figure 5.12** Diagrammes de variations de la teneur en Pt en fonction du Cr₂O₃, du MgO, de l'Al₂O₃, du S, du Ni, du Cu, du Co et du Sb pour les différentes lithologies du CDM. Légende : se référer à la figure 5.2. 119
- Figure 5.13** Coupe 97-MH-7371 montrant les variations du Mg#, du Cr#, du Cr₂O₃, du Ni, du Cu, des ÉGP totaux, du Pd, du Ru et des rapports Cu/Pd et Cu/Pt..... 122
- Figure 5.14** Coupe 97-MH-7374 montrant les variations du Mg#, du Cr#, du Cr₂O₃, du Ni, du Cu, des ÉGP totaux, du Pd, du Ru et des rapports Cu/Pd et Cu/Pt..... 123
- Figure 6.1** Clinopyroxène en position intercumulus dans une dunite à chromite (97-MH-7374-11). (A) Le Cpx forme une grande plage où il est remplacé par la serpentine et la chlorite. (B) Le Cpx est remplacé par la chlorite préférentiellement le long des plans de clivages. Dans ce cas-ci, le remplacement du clinopyroxène est beaucoup plus avancé. 128

- Figure 6.2** Projection En-Fs-Wo des compositions des pyroxènes analysés dans les harzburgites et les lherzolites à chromite du Complexe de Menarik (*triangle* = harzburgite à chromite, *étoile* = lherzolite à chromite) (Morimoto, 1988) 130
- Figure 6.3** (A) SiO₂ versus le Al₂O₃ dans le Cpx. (B) FeO versus le Mg# dans le Cpx. (C) CaO versus le Mg# dans le Cpx. 131
- Figure 6.4** Différentes morphologies de la chromite au microscope optique dans le CDM. (A) La chromite homogène et non zonée. (B) La chromite zonée avec localement une bordure effritée. (C) La chromite lessivée. (D) La chromite spongieuse. (E) La chromite cataclastique. (F) et (G) La chromite avec des sulfures associée. (H) La chromite avec des inclusions de sulfures. 134
- Figure 6.5** Cartographie d'un grain de chromite appartenant au Groupe I. (A) Image en électrons rétrodiffusés. (B) Fer total. (C) Chrome. (D) Aluminium. (E) Titane. (F) Magnésium. 137
- Figure 6.6** Cartographie d'un grain de chromite appartenant au Groupe II et du sous-type A. (A) Image en électrons rétrodiffusés. (B) Fer total. (C) Chrome. (D) Aluminium. (E) Titane. 138
- Figure 6.7** Cartographie d'un grain de chromite appartenant au Groupe II et du sous-type A. (A) Image en électrons rétrodiffusés. (B) Fer total. (C) Chrome. (D) Aluminium. (E) Titane. (F) Magnésium. 139
- Figure 6.8** Grain de chromite appartenant au sous-type IIA en mode électrons rétrodiffusés. (A) La présence d'inclusions modifie le patron de zonation. (B) La présence de fractures et de plans de faiblesses modifie le patron de zonation. 140

- Figure 6.9** Composition de la chromite du CDM projetée dans le diagramme ternaire des cations trivalents Fe-Cr-Al (modifié de Whittaker, 1986). 142
- Figure 6.10** Histogrammes montrant la distribution des analyses de chromites du Complexe de Menarik pour les principaux éléments majeurs (Zone I, coeur des chromites, Zone II, zone intermédiaire des chromites et Zone III, bordure des chromites). 143
- Figure 6.11** Exemple de traverse, à la microsonde électronique, dans un grain de chromite (groupe IIA) illustrant les variations de réflectivité entre les différentes zones de la chromite du Menarik (LM 97-MH-7371-19). 144
- Figure 6.12** Variations des concentrations des différents oxydes à l'intérieur d'une chromite zonée, échantillon 97-MH-7371-19. 146
- Figure 6.13** Diagrammes montrant la distribution des analyses de chromites du Complexe de Menarik pour les principaux éléments majeurs (Zone I, coeur des chromites, Zone II, zones intermédiaires des chromites et Zone III, bordures des chromites). Champs tirés de Dick et Bullen (1984). 149
- Figure 6.14** Coupe 97-MH-7371 montrant les variations du Cr #, du Fe#, du Fe^{3+}/Fe^{2+} , du Cr/Fe, du Cr_2O_3 , et du TiO_2 dans une partie du Complexe de Menarik. Légende : se référer à la figure 5.13. 153
- Figure 6.15** Coupe 97-MH-7374 montrant les variations du Cr #, du Fe#, du Fe^{3+}/Fe^{2+} , du Cr/Fe, du Cr_2O_3 , et du TiO_2 dans une partie du Complexe de Menarik. Légende : se référer à la figure 5.14. 154

- Figure 6.16** Serpentes qui remplacent l'olivine, l'orthopyroxène et le clinopyroxène dans une webstérite à olivine (LM-97-MH-7499). 157
- Figure 6.17** Cr_2O_3 et Al_2O_3 contenus dans les serpentes dérivées de l'olivine, de l'orthopyroxène et le clinopyroxène (Champs tirés de Hébert et al., 1990). 157
- Figure 6.18** Classification des chlorites du Complexe de Menarik d'après la nomenclature de Hey (1954). 159
- Figure 6.19** Diagrammes de covariations des éléments majeurs et des rapports du nombre Mg des chlorites et des roches du Complexe de Menarik. (A) MgO versus Al_2O_3 . (B) MgO versus Cr_2O_3 . (C) Mg# de la roche hôte versus le Mg# de la chlorite. Légende : se référer à la figure 5.2. 162
- Figure 6.20** Graphique de covariation du Cr_2O_3 versus le Mg#. Deux groupes sont définis, un riche en chromite (ZU) et l'autre pauvre en chromite (NZU). Légende : se référer à la figure 5.2. 163
- Figure 6.21** Classification des amphiboles de la Zone Ultramafique du Complexe de Menarik d'après la nomenclature de Leake (1978). 164
- Figure 6.22** Composition des carbonates projetés dans un diagramme ternaire Ca-Fe-Mg. Ce diagramme indique trois types de carbonates (la magnésite, la dolomite et la calcite). 166
- Figure 6.23** Thermométrie des pyroxènes à 5 kilobars selon Lindsley (1983). 168
- Figure 6.24** Limites de stabilité, d'après Sack et Ghiorso (1991), pour la chromite et la magnétite du Complexe de Menarik obtenues à partir de traverse de grain à la microsonde électronique. (A)

Calculé en équilibre avec une composition d'olivine Fo₈₀. (B)
 Calculé en équilibre avec une composition d'olivine Fo₉₀..... 170

Figure 6.25 Thermométrie des chlorites qui utilise la variation A1 IV dans
 les chlorites d'après Cathelineau et Nieva (1985). 171

Figure 6.26 Images au MEB (électrons rétrodiffusés) de sulfures et de
 minéraux du groupe du platine du Complexe de Menarik. (A) Grain de pentlandite zoné où le coeur (pent 1) est plus riche
 en nickel que la bordure (pent 2). L'ilménite (il) et le rutile
 (ru) enrobent le grain de sulfure de nickel. (B) Grain de
 laurite ((Ru, Os) S₂) en inclusion dans une chromite zonée.
 (C) Agrandissement de (B). (D) Sudburyite (PdSb) associé à la
 gangue silicatée dans une chromitite à silicate à proximité de
 la pentlandite. (E) Agrandissement de (D). (F) MGP inconnu
 (Pd₂(Ni, Fe) (Sb, S)) associé à des carbonates zonés (Cb), à de
 la pentlandite (Pent) et de la magnétite (MG) dans les
 filonnets de sulfures. (G) Sperrylite (PtAs₂) associé à la
 gangue silicatée. (H) MGP associé à la gangue silicatée
 contenant deux phases d'ÉGP, une phase riche en platine
 ((Pt, Pd) As) et une phase riche en palladium (PdSbS). (I)
 Sudburyite ((Pd, Ni) Sb) en inclusion dans la millérite (Mi)
 associée à la chalcoppyrite (Cpy) et à la chlorite (Chl). (J)
 Inclusion de testibiopalladinite (Pd(Bi, Sb) Te) et de (Po)
 pyrrhotite dans la millérite (Mi). Celle-ci est associée à la
 serpentine et la chlorite (silicates)..... 177-178

Figure 7.1 Cr# versus Mg# pour les coeurs des spinelles du Complexe
 de Menarik. Les champs des MORB et des boninites
 proviennent de Bédard et Hébert (1996) et des komatiïtes de
 Liipo et al. (1995). 184

Figure 7.2 Fractionnement des terres rares dans les roches du CDM.
 (A) (La/Sm)_N en fonction du La. (B) (Gd/Yb)_N en fonction du
 La. Les données sur le PM= manteau primitif, les NMORB et

	les OIB proviennent de Sun et McDonough (1989). Légende : se référer à la figure 5.2.	188
Figure 7.3	Diagrammes représentant l'effet de l'assimilation et de la cristallisation fractionnée lors de la différenciation d'un liquide komatiitique. Les courbes sont calculées à l'aide du programme MixFrac de Nielsen (1999). Le champ ombragé correspond à l'ensemble des données sur les péridotites de la ZU du CDM.	189
Figure 7.4	(A) Diagramme ternaire du système olivine-chromite-silice (d'après Irvine, 1975, 1977). (B) Évolution normale du liquide lors de la cristallisation fractionnée. (C) Évolution du liquide lors de la contamination par des roches crustales riches en silice. (D) Évolution du liquide lors du mélange de magma.	196
Figure 7.5	Graphique Cu/Pd en fonction du Pd pour les diverses lithologies du Complexe de Menarik (modifié de Barnes et al., 1985). Légende comme dans la figure 5.2.	199
Figure 7.6	Graphiques des rapports d'éléments pour les diverses lithologies du CDM. (A) Ni/Pd en fonction de Cu/Pt. (B) Ni/Pd en fonction de Cu/Ir. (modifiés de Barnes et al., 1985). Légende : se référer à la figure 5.2.	200
Figure 7.7	Variation des abondances en métaux de bases et précieux au cours de la différenciation magmatique (modifiée de Keays, 1995).	202
Figure 7.8	Diagramme Pd versus Cu servant à évaluer le degré de saturation en S des magmas de la ZU du CDM (Modifié de Vogel et al., 1999). Légende : se référer à la figure 5.2.	203
Figure 7.9	Projection de la composition des chromites du CDM dans un diagramme ternaire Cr-Al-Fe.	210

- Figure 7.10** Comparaison des spectres des ÉGP du CDM avec d'autres intrusions stratiformes. (A) Chromitites du CDM. (B) Chromitites du Bushveld. (C) Chromitites à silicate du CDM. (D) Chromitites du Stillwater et de Penikat. (E) Harzburgites à chromite du CDM. (F) Péridotites de la Lower et Lower Critical Zone du Bushveld. (G) Filonets de sulfures du CDM. (H) Horizon du Merensky Reef du Bushveld et l'horizon J-M Reef du Stillwater. Légende : se référer à la figure 5.2. 212
- Figure 7.11** Comparaison des spectres de TR du Menarik avec ceux de la LZ et LCZ du Complexe de Bushveld (zone ombragée). (A) ZU vs LCZ. (B) ZU vs LZ. (C) ZU vs les harzburgites de la LCZ et la LZ. 215
- Figure 7.12** Comparaisons des spectres de TR de la ZU du Menarik avec les spectres des komatiites du Lac Guyer (zone ombragée, TR de la ZU). (données des komatiites tirées de Stamatelopoulou-Seymour et al., 1983). 216
- Figure 7.13** Section hypothétique à travers une intrusion litée montrant les différents types de chromitites et dépôts de sulfures enrichis en ÉGP. Les différentes minéralisations sont le résultat de la cristallisation fractionnée, du mélange magmatique (mélange de deux magmas ou plus) et d'un enrichissement de la minéralisation par l'entremise d'une zone de raffinage (Modifiée de Naldrett et al., 1990). Détails dans le texte..... 220
- Figure 7.14** Projection des concentrations des ÉGP (Σ ÉGP) pour des chromitites des complexes de Bushveld et de Stillwater en fonction de la stratigraphie (Modifiée de Naldrett et al., 1990). La zone ombragée représente les concentrations des Σ ÉGP des chromitites et chromitites à silicate compte tenu que nous avons pu déterminer la position stratigraphique des différents échantillons..... 220

Figure A.1	Colonne stratigraphique schématique montrant la position des différents échantillons de l’affleurement 97-MH-7371.	247
Figure A.2	Colonne stratigraphique schématique montrant la position des différents échantillons de l’affleurement 97-MH-7374.	248
Figure D.1	Graphique montrant la variation entre les valeurs certifiées d’un standard (Bir-1, un basalte) et les valeurs analysées à ICP-MS par une méthode de fusion au métaborate de lithium (a), une fusion au peroxyde de sodium (b) et une digestion acide (c).	420
Figure D.2	Schéma simplifié du protocole analytique d’extraction des ÉGP (modifié de Gueddari, 1996).....	421

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Subdivision du groupe des spinelles en trois séries où il y a substitution des ions trivalents Al, Fe et Cr (Deer, et al., 1992)	8
Tableau 1.2	Réserves et teneurs en Cr ₂ O ₃ de différents gisements de chromites stratiformes et podiformes. Réserves exprimées en millions de tonne et le Cr ₂ O ₃ en pourcentage poids.	9
Tableau 1.3	Principales propriétés physico-chimiques des ÉGP et de l'Au (tiré de Gueddari, 1996)	11
Tableau 1.4	Utilisations des ÉGP dans l'industrie (tiré de Gueddari, 1996)	11
Tableau 1.5	Réserves et teneurs des gisements d'ÉGP les plus importants dans le monde (selon Barrie, 1996).....	13
Tableau 1.6	Types de dépôts d'éléments du groupe du platine associés aux intrusions litées (selon Naldrett, 1993)	14
Tableau 3.1	Classification pour les roches riches en chromite d'après Greenbaum (1977).	28
Tableau 3.2	Classification des roches cumulatives selon la nomenclature de Irvine (1982).	32
Tableau 5.1	Valeurs de normalisation utilisées pour la lithogéochimie des terres rares et certains éléments traces (selon McDonough et Sun, 1995). [La, ... = Terres rares ; HFSE et Sr, ... = Autres éléments traces]	85
Tableau 5.2	Valeurs de normalisation du manteau asthénosphérique proposées par Barnes et al. (1988). Les valeurs de Ni et Cu	

	ont celles proposées par Sun (1982) pour le manteau primitif terrestre.....	86
Tableau 5.3	Composition moyenne des différentes lithologies du CDM.....	89-90
Tableau 5.4	Concentrations moyennes en platinoïdes des différentes lithologies du CDM.....	112
Tableau 5.5	Comparaisons des concentrations en ÉGP des chromitites à silicate des sections détaillées.	121
Tableau 6.1	Composition moyenne des pyroxènes analysés à la microsonde électronique.....	129
Tableau 6.2	Intervalles de composition (% poids) des différentes zones des grains de chromites du Complexe de Menarik.	141
Tableau 6.3	Composition moyenne des chromites primaires des différentes unités du CDM.....	150-151
Tableau 6.4	Composition moyenne de la serpentine pour les différentes unités du CDM.	156
Tableau 6.5	Composition moyenne de la chlorite pour les différentes unités du CDM.	160-161
Tableau 6.6	Composition moyenne de l'amphibole pour les différentes unités du CDM.	165
Tableau 6.7	Composition moyenne des carbonates du Menarik.	167
Tableau 6.8	Composition moyenne des sulfures de fer et de cuivre en %.	172
Tableau 6.9	Composition moyenne des sulfures de nickel en %.	172

Tableau 6.10 Composition moyenne des sulfoarséniures et arséniures en %.	173
Tableau 6.11 Principaux minéraux du groupe du platine.	175
Tableau 6.12 Composition des MGP retrouvés dans le Complexe de Menarik.	175
Tableau 6.13 Minéraux ou éléments dans lesquels les platinoïdes peuvent s'incorporer dans leurs structures cristallines (modifié de Daltry et Wilson, 1997).	179
Tableau 6.14 Concentration maximale (ppm) en éléments du groupe du platine dans les sulfures du Complexe de Menarik et autres complexes (dans les non-MGP).	180
Tableau 7.1 Classification des complexes mafiques-ultramafiques (Âge en millions d'années) (modifié Ohnenstetter et al., 1994).	207
Tableau 7.2 Comparaisons entre la composition de la chromite du Complexe de Menarik et celle des autres complexes mafiques-ultramafiques.	209
Tableau 7.3 Comparaison pétrologique du Complexe de Menarik avec le Complexe de Bushveld et le Complexe de Stillwater.	214
Tableau 7.4 Sommaire de la pétrogenèse et de la géochimie du Complexe de Menarik.	223
Tableau A.1 Composition des minéraux normatifs (Norme CIPW), des minéraux normatifs excluant le spinelle et l'estimation du mode minéralogique pour les roches des coupes détaillées.	251-252
Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (CRM).	256-267

Tableau B.2	Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (INRS-Géorressources).	269-273
Tableau B.3	Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (INRS-Géorressources).	275
Tableau C.1	Composition des pyroxènes analysés à la microsonde électronique.	279
Tableau C.2	Composition des chromites analysées à la microsonde électronique.	281-364
Tableau C.3	Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique.	366-375
Tableau C.4	Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique.	377-387
Tableau C.5	Compositions des amphiboles analysées à la microsonde électronique.	389-391
Tableau C.6	Composition des carbonates analysés à la microsonde électronique.	393
Tableau C.7	Composition des sulfures analysés à la microsonde électronique.	395-398
Tableau C.8	Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures.	400-406
Tableau D.1	Liste des échantillons du Complexe de Menarik ayant fait l'objet d'une ou plusieurs analyses chimiques.	410-412
Tableau D.2	Limites de détection pour les analyse effectuées au CRM	414

Tableau D.3	Limites de détection pour les analyses effectuées au laboratoire de INRS-Géoresources.	415
Tableau D.4	Conditions opératoires et paramètres d'acquisition de l'ICP-MS (tirés de Gueddari, 1996).	428
Tableau D.5	Abondances, interférences et choix des isotopes (modifiés de Gueddari, 1996). ¹ Jarvis et al., 1992, ² Jackson et al., 1990, ³ Gueddari, 1996, ⁴ ce travail.	429
Tableau D.6	Teneurs en ÉGP d'un blanc des réactifs utilisés en ppb.	432
Tableau D.7	Teneurs en ÉGP (ppb) de trois échantillons de référence comparées à celles obtenues dans le cadre de différents travaux.	434
Tableau D.8	Tableau montrant les standards utilisés et les limites de détection pour les différents programmes employés.	438-441
Tableau D.9	Mesures du bruit de fond dans les standards stériles des différentes phases minéralogiques.	443-445

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Généraux

[D] = Dyke

[PC] = Poecilitique

Affl. = Affleurement

CDM = Complexe de Menarik

LM = Lame mince

NZU = Roches n'appartenant pas à la Zone Ultramafique

ZM = Zone Mafique

ZU = Zone Ultramafique

n.a. = non analysé

n.d. = non détecté

Lithologies

Chr = Chromitite

Chr Sil = Chromitite à silicate

Du = Dunite

Du à chro = Dunite à chromite

Gab = Gabbro

Harzb = Harzburgite

Harzb à chro = Harzburgite à chromite

Lherz = Lherzolite

Lherz à chro = Lherzolite à chromite

Perid ou Per = Péridotite

Pyrox = Pyroxénite

Pyrox à MG = Pyroxénite à magnétite

S-1, S-22 = Filonets de sulfures

Ton = Tonalite

Webst = Webstérite

Webst Ol = Webstérite à olivine

LISTE DES ABRÉVIATIONS (suite)

Minéraux

AM = Amphibole

Ars = Arséniure

Cb = Carbonate

Chl = Chlorite

Chro = Chromite

Cpx = Clinopyroxène

Cpy = Chalcopyrite

ÉGP = Éléments du groupe du platine

MG = Magnétite

MGP = Minéraux du groupe du platine

Mil = Millérite

Ol = Olivine

PG = Plagiocalse

Po = Pyrrhotite

Ptl = Pentlandite

Py = Pyrite

SAs = Sulfoarséniure

Sf = Sulfures

Trém = Trémolite

Vio = Violarite

Rapports

$Cr\# = Cr / (Cr + Al)$

$Mg\# = Mg / (Mg + Fe^{2+})$

$Fe\# \text{ ou } Fe^{3+\#} = Fe^{3+} / (Fe^{3+} + Al + Cr)$

$Cr/Fe = Cr / (Fe^{3+} + Fe^{2+})$

CHAPITRE I - INTRODUCTION

1.1 Objectifs du projet de recherche

Le projet de maîtrise, sur le Complexe de Menarik (CDM), s'insère à l'intérieur du projet de cartographie régionale du ministère des Ressources naturelles du Québec (feuillet du lac Kowskatehkakmow : 33F/06).

Le Complexe de Menarik est une intrusion ultramafique archéenne (Rivard, 1985) qui contient deux types de minéralisation:

- 1) Chromites stratiformes ± enrichies en éléments du groupe du platine (ÉGP)
- 2) Sulfures de nickel, de cuivre et d'ÉGP.

L'origine de ces minéralisations en Cr et ÉGP du Complexe de Menarik constitue le cœur de la problématique. Le projet vise à caractériser et étudier l'origine des différents types de minéralisations observées dans le Menarik. Plus spécifiquement, nous mettrons l'emphase sur l'étude des processus magmatiques et métamorphiques responsables de la mise en place des différents types de minéralisations.

Les objectifs de cette étude sont :

- 1) Étudier la pétrographie des phases silicatées, des phases sulfurées et des oxydes (phases minéralogiques primaires et métamorphiques);
- 2) Caractériser la géochimie des principaux faciès lithologiques de l'intrusion;
- 3) Définir la stratigraphie magmatique de cette intrusion;
- 4) Établir la typologie et la distribution des minéralisations en Cr, ÉGP, Ni et Cu;
- 5) Documenter et caractériser l'origine des structures observées sur le terrains (primaires ou secondaires);

- 6) Élaborer un modèle pétrogénétique pour cette intrusion et un (ou des) modèle(s) génétique(s) pour les minéralisations;
- 7) Comparer les caractéristiques géochimiques, minéralogiques et métallogéniques du Complexe de Menarik avec d'autres exemples de complexes stratiformes;
- 8) Suggérer des critères favorables à la découverte de minéralisations en Cr, ÉGP, Ni et Cu dans d'autres intrusions mafiques-ultramafiques précambrienne. Ces métallogènes pourraient servir à la recherche de nouvelles minéralisations dans des roches ultramafiques dans des secteurs peu explorés comme la Baie-James.

1.2 Accès et physiographie de la région

Le Complexe de Menarik, d'une superficie de 6 km² (2 x 3 km), se situe dans le secteur du lac Yasinski à 40 km au sud-est de la ville de Radisson sur le territoire de la Baie-James (Figure 1.1).

Le complexe se trouve entre les latitudes 53°24'33" et 53°22'30" N et les longitudes 77°20'12" et 77°17'00" W (feuillelet SNRC 33F/06). La route de la Baie-James (109) permet d'accéder facilement à la région. La route praticable la plus proche est celle reliant Radisson à la centrale hydroélectrique de LG-3 (embranchement à partir de la route 109, la Trans-Taïga). Pour accéder au Complexe de Menarik, il est possible d'utiliser des chemins construits pour les campagnes de forage. Ces derniers longent en partie une ligne électrique à haute tension situés à environ un kilomètre à l'ouest de l'intrusion. Dans le cadre de cette étude, l'accès au terrain cartographié se faisait par transport hélicoptéré.

La topographie de la région est un héritage de la dernière grande période glaciaire. Le paysage est typique du nord-ouest du Québec où les affleurements, plus ou moins en reliefs, alternent avec des tourbières, des lacs et des rivières. La densité des affleurements rocheux dans le secteur est particulièrement élevée (environ 50 %), tandis que la proportion des affleurements dans la section ultramafique est d'environ 20 %. Le CDM est caractérisé par un relief accidenté où

les roches ultramafiques forment des crêtes avec des parois quelques fois très abruptes qui forment de véritables falaises.

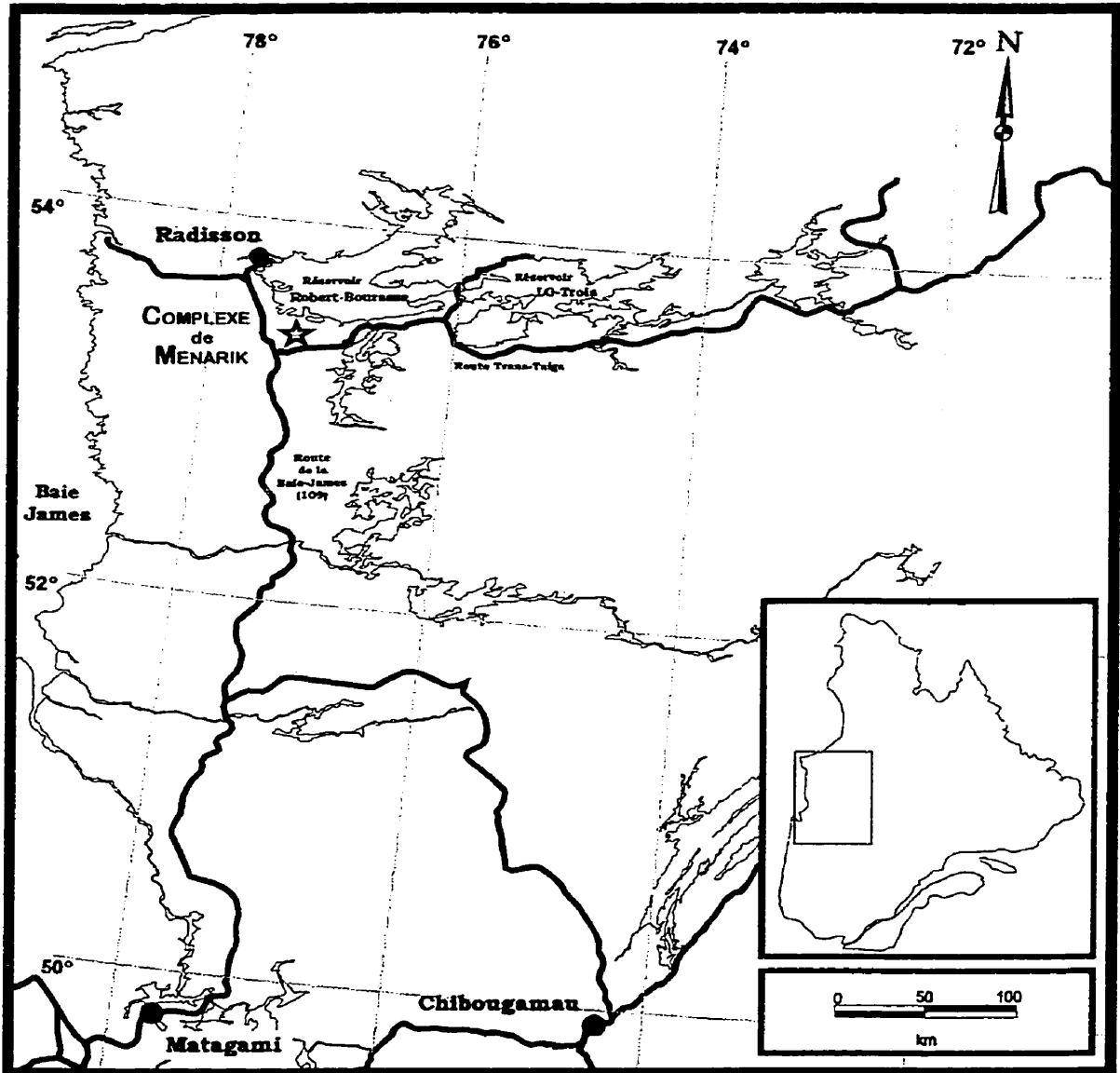


Figure 1.1 Carte de localisation du Complexe de Menarik, Baie-James.

1.3 Méthodologie

Les travaux de terrain ont été effectués durant les mois d'août 1997 et juin 1998. Les travaux de cartographie ont couvert la zone ultramafique ainsi que la périphérie de l'intrusion. La cartographie de la zone périphérique de l'intrusion s'est faite sur une base de reconnaissance tandis que celle de la zone ultramafique a fait l'objet d'une cartographie plus détaillée. La cartographie du massif a été effectuée à l'échelle 1: 5 000 en s'appuyant sur les cartes géologiques existantes (Rivard, 1985, Pelletier, 1990 et 1995). Toutefois, quelques secteurs ont fait l'objet d'une cartographie plus détaillée.

Environ 250 échantillons ont été recueillis pour assurer un échantillonnage représentatif et pour déterminer les variations des différents faciès lithologiques du massif. Des échantillons représentatifs des différents faciès pétrologiques et des principales zones minéralisées ont été sélectionnés afin de fabriquer 170 lames minces polies. De ce nombre, 66 proviennent du ministère des Ressources naturelles du Québec (MNRQ : collaboration de Jules Cimon et de Claude Dion). Plus de 800 analyses minéralogiques ont été faites à la microsonde électronique ou au microscope électronique à balayage. Ces analyses ont été réalisées sur différents minéraux (spinelles, pyroxènes, serpentines, chlorites, amphiboles, carbonates, sulfures et minéraux du groupe du platine). Un total de 131 analyses géochimiques ont été effectuées dans le cadre de ce projet dont 35 nous ont été fournies par des géologues du MRNQ (Cimon, J. ; Dion, C.). De ces 131 échantillons, 35 ont été sélectionnés pour l'analyse des terres rares (TR) et des éléments du groupe du platine (ÉGP).

1.4 Travaux antérieurs

La Commission géologique du Canada a réalisé dans les années 50 et 60 des travaux de reconnaissance géologique (échelle 1:506 880). Ces travaux couvrent une très grande superficie du territoire de la Baie-James (Eade et al., 1957 ; Eade, 1966). Par la suite, avant l'inondation des terres pour construire les réservoirs hydroélectriques, le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec a entrepris

une cartographie régionale de la région de La Grande Rivière (1:63 360) (Sharma, 1977a, 1977b, 1977c). Récemment, le ministère des Ressources naturelles du Québec a effectué la cartographie à l'échelle 1:50 000 du feuillet SNRC 33F. Dans le cadre du projet Moyen-Nord, une synthèse métallogénique de la région a également été effectuée par Gauthier et al. (1996, 1997). Une revue des travaux antérieurs est présentée dans le rapport géologique du feuillet SNRC 33F/06 (Goutier et al., 1998b).

Vers la fin des années 50, les géologues de Main Exploration ont reconnu la nature ultramafique et la présence de minéralisations de chrome dans le Complexe de Menarik (Baldwin, 1959). Des levés géophysiques suivis de prospection, de tranchées, d'échantillonnages et de forages ont permis de mettre à jour plusieurs indices de cuivre, d'or, d'argent et de fer dans la région ainsi que le premier indice de chrome du Complexe de Menarik. Baldwin (1959) mentionne la présence de plusieurs accumulations de chromites dans le complexe ultramafique. Toutefois, aucune étude détaillée n'a été effectuée subséquemment à ces découvertes. En 1975, le groupe minier S.E.S. effectue des travaux d'exploration dans le Complexe de Menarik. Ces travaux se sont concentrés sur l'indice de cuivre Poirier-I inclus dans une zone de cisaillement carbonatisée située dans la portion nord-ouest de l'intrusion (Riley, 1975). En 1978, le projet de la SDBJ sur « l'évaluation du potentiel en nickel et amiante de différentes masses ultramafiques du Territoire de la Baie-James » mène à la découverte d'un important indice de chromite (Cr-1) dans une péridotite au nord du lac Menarik (Borduas, 1979). La SDBJ poursuit son exploration du Complexe en effectuant une cartographie à l'échelle 1:5 000, des travaux de géophysique, l'échantillonnage systématique des indices, la géochimie des sols et des sédiments de ruisseaux (Marchand, 1982). Une étude pétrographique préliminaire a également été effectuée sur quelques lames minces de roches ultramafiques (Sauvé, 1982).

Après les travaux de la SDBJ, la région a fait l'objet d'une thèse de maîtrise portant sur la géochimie des roches volcaniques d'une partie de la ceinture de Yasinski et du massif ultramafique de Menarik (Rivard et Francis, 1984; Rivard, 1985). Rivard interprète la zone ultramafique du Complexe de Menarik comme une

chambre magmatique stratiforme, d'âge archéen, se situant à la base de la ceinture volcano-sédimentaire et qui aurait été la source des roches volcaniques de la région. Il suggère également que les dykes gabbroïques et les cumulats de gabbros, situés en bordure de la zone ultramafique, sont le produit de la différenciation de l'unité ultramafique. Cette interprétation est cohérente avec l'absence de recoupement entre les gabbros et les péridotites.

Par la suite, Ressources minières Pro-Or ont effectué des travaux de cartographie détaillée (1:5 000), des levés géophysiques (magnétique, électromagnétique, polarisation provoquée), des levés pédogéochimiques et de trois campagnes de forages (forages dans le CDM) pour mettre en valeur le potentiel en chrome, cuivre, nickel, platinoïdes et en or du CDM (Pelletier, 1989 ; Pelletier et Folco, 1989 ; Sanschagrin et Pelletier, 1989 ; Pelletier et Folco, 1990 ; Gonthier, 1990 ; Allard, 1995 ; Gévry, 1997a ; Gévry, 1997b ; Gévry, 1997c ; Gévry, 1998a ; Gévry, 1998b ; Gévry, 1999, Pelletier, 1999). La prospection et la campagne de forage de 1989 ont permis de mettre à jour 31 indices chromifères (Pelletier, 1989). Suite à cette campagne, le Centre de Recherche Minérale (CRM) a réalisé une étude pétrographique des différentes minéralisations chromifères et la détermination de la composition de ces différentes chromites à la microsonde. Cette étude a permis d'identifier les horizons les plus prometteurs (Wilhemy et Lacoste, 1990). Wilhemy et Lacoste (1990) conclurent à une grande variabilité de la texture, de la composition de la chromite et des horizons chromifères du Complexe de Menarik. Les résultats de la dernière campagne de forage (1997) indiquent que plusieurs horizons chromifères montrent des intersections particulièrement enrichies en platinoïdes (de 1,5 à 3,5 g/t [Pd + Pt]) et en sulfures de Ni-Cu (0,2 à 0,5 % [Ni + Cu]) (Gévry, 1998c). Elle a aussi permis d'augmenter le tonnage des ressources chromifères du Complexe de Menarik. Le total des ressources évaluées par sondage, par Ressources minières Pro-Or, atteint 3,7 Mt à une teneur combinée de 8,4 % Cr₂O₃ (Pelletier, 1999, comm. pers.).

1.5 Généralités sur les gîtes de chromite et d'ÉGP

Les roches encaissantes des gîtes de chromite et d'ÉGP sont essentiellement des roches mafiques et ultramafiques. La différenciation magmatique, qui mène à la formation de ces roches, permet une concentration primaire d'éléments métalliques comme le chrome, le nickel, le vanadium, le cuivre et les platinoïdes (Whitney et Naldrett, 1989). Les minéralisations en chrome et en ÉGP se rencontrent dans plusieurs environnements géologiques.

1.5.1 Gîtes de chromite

Les premiers indices de chromite ont été découverts, il y a moins de 200 ans dans les montagnes de l'Oural (Russie) (Leblanc et Nicolas, 1992). Depuis le début de la métallurgie des aciers inoxydables, le chrome s'est avéré un métal stratégique et indispensable dans les sociétés industrialisées contemporaines et plus particulièrement en périodes de grandes guerres. Il y a plus de vingt pays qui sont des producteurs importants de chrome. Parmi ceux-ci, l'Afrique du Sud et la Russie sont les deux plus importants (Stowe, 1987).

Minéralogie de la chromite

Le minerai de chrome provient exclusivement d'un minéral, la chromite. Ce minéral fait partie de la famille des spinelles dont la composition chimique s'établit selon une solution solide [$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}) (\text{Cr}^{3+}, \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$]. Les trois principaux pôles sont : le pôle alumineux (spinnelle alumineux), le pôle ferrifère (magnétite) et le pôle chromifère (chromite) (Tableau 1.1).

Tableau 1.1 Subdivision du groupe des spinelles en trois séries où il y a substitution des ions trivalents Al, Fe et Cr (Deer, et al., 1992).

	Série du spinelle (Al ³⁺)	Série de la magnétite (Fe ³⁺)	Série de la chromite (Cr ³⁺)
Mg	Spinnelle MgAl ₂ O ₄	Magnésioferrite MgFe ₂ ³⁺ O ₄	Magnésiochromite MgCr ₂ O ₄
Fe²⁺	Hercynite Fe ²⁺ Al ₂ O ₄	Magnétite Fe ²⁺ Fe ₂ ³⁺ O ₄	Chromite Fe ²⁺ Cr ₂ O ₃
Zn	Gahnite ZnAl ₂ O ₄	Franklinite ZnFe ₂ ³⁺ O ₄	
Mn	Galaxite MnAl ₂ O ₄	Jacobsite MnFe ₂ ³⁺ O ₄	
Ni		Trevorite NiFe ₂ ³⁺ O ₄	

Ulvospinnelle [Fe²⁺TiO₂] et Maghémite [γ -Fe₂³⁺O₄] ne sont dans aucune série.

La proportion de chrome dans la chromite peut théoriquement atteindre 68 % (FeO = 32,0 % et Cr₂O₃ = 68,0 %). Cependant, le fer ferreux peut être remplacé par le magnésium et le chrome par l'aluminium ou le fer ferrique, ce qui entraîne une diminution de la proportion de chrome dans la structure cristalline de la chromite. En raison de la substitution de ces constituants majeurs ou encore de la présence de certaines impuretés (Ni, Zn, Mn), la proportion de Cr₂O₃ se situe généralement entre 33 % et 55 % dans la chromite industrielle.

Dépôts de chromite

Les gisements de chromite peuvent se retrouver dans plusieurs environnements géologiques différents (intrusions stratifiées mafiques-ultramafiques, complexes ophiolitiques, dépôts alluviaux, latérites, etc.). On distingue deux grands types de gisements de chromite (Thayer, 1960; Duke, 1986, 1996a) : les gisements stratiformes constituent des horizons peu puissants mais de grande extension latérale dans des complexes magmatiques mafiques-ultramafiques tandis que les gisements podiformes se retrouvent dans les complexes ophiolitiques. Contrairement aux gîtes stratiformes, les gîtes podiformes sont généralement de taille beaucoup plus modeste. Le tonnage des gisements stratiformes est beaucoup plus important que celui des dépôts podiformes (rarement

plus de 1 Mt pour les gisements podiformes) (Tableau 1.2). Les gîtes stratiformes sont généralement précambriens (> 800 Ma) comparativement aux gîtes podiformes qui sont généralement phanérozoïques (< 800 Ma). Les deux types de gisements, stratiformes et podiformes, contiennent des minéralisations en platinoïdes.

En général, les chromites ophiolitiques sont plus riches en chrome ou en aluminium tandis que les chromites stratiformes sont plus riches en fer. Selon les propriétés physiques et chimiques de la chromite, elle peut avoir une utilisation industrielle en métallurgie ($\text{Cr}_2\text{O}_3 > 48\%$, $\text{Cr}/\text{Fe} > 1,5$), pour les matériaux réfractaires ($\text{Cr}_2\text{O}_3 > 30\%$, Cr/Fe non critique, $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 > 57\%$), ou l'industrie chimique ($\text{Cr}_2\text{O}_3 > 45\%$) (Evans, 1993).

Tableau 1.2 Réserves et teneurs en Cr_2O_3 de différents gisements de chromites stratiformes et podiformes. Réserves exprimées en millions de tonne et le Cr_2O_3 en pourcentage poids.

Gîtes de chromites stratiformes			Gîtes de chromites podiformes		
	Réserves	Cr_2O_3		Réserves	Cr_2O_3
	Mt	%		Mt	%
Alaska, Alaska	0,325	18	Coto, Phillipines	13	36,5
Bushveld, Afr. du Sud	1 100	42-45	Kavak, Turquie	2	28-30
Campo Formoso, Brésil	17	17-21	Kazak SSR, Kazakhstan	90	50
Great Dyke, Zimbabwe	113	26-51	Nouvelle-Calédonie	0,500	53-57
Kemi, Finlande	59	26	Pakistan	0,620	45-59
Munni Munni, Australie	n.d.	n.d.	Troodos, Chypre	0,600	48-57
Pennikat, Finlande	n.d.	n.d.	Oman	n.d.	39-56
Selukwe, Zimbabwe	11,5	47			
Stillwater, E.-U.	5,140	20	<u>Appalaches du Québec</u>		
<u>Canada</u>			Reed-Bélanger, Qc	1,1	7-14
Bird River, Manitoba	3,6	21	Sterrett, Qc	0,180	18
Muskox, T.-N.-O.	18,6	34-44	Caribou, Qc	0,060	27

Source : Stowe, 1987, Duke, 1996b ; Duke, 1996c.

n.d. : Donnée non-disponible.

Au Québec, les minéralisations en chrome sont presque toutes du type podiforme (Marcotte, 1980) et sont contenues dans des séquences ophiolitiques des Appalaches. Ceci implique des corps minéralisés généralement de petite taille limitant ainsi leur importance économique. Cependant, il existe à la Baie-James deux ensembles archéens minéralisés en chrome et possède les principales caractéristiques des gîtes de type stratiforme. Il s'agit de l'indice du Lac des Montagnes dans la région de Némiscau (Williams, 1965; Duke, 1986; Duke, 1996b) et du Complexe de Menarik, sujet du présent mémoire.

1.5.2 Gîtes d'éléments du groupe du platine

Les éléments du groupe du platine (ÉGP) comprennent six métaux : le platine (Pt), le palladium (Pd), le rhodium (Rh), le ruthénium (Ru), l'iridium (Ir) et l'osmium (Os). Ceux-ci appartiennent au groupe VIIIA du tableau périodique de Mendeleev. La rareté et l'importance économique des ÉGP leur confère l'appellation de métaux précieux au même titre que l'or et l'argent. Les propriétés physico-chimiques (Tableau 1.3) des platinoides les rendent très intéressants pour de nombreuses applications industrielles. Malgré leur rareté et leur prix élevé, les ÉGP sont essentiels pour l'industrie automobile, chimique et pétrochimique (Tableau 1.4). Ils sont également utiles dans le domaine de la médecine, de la chimie, de la joaillerie et celui de l'aérospatial.

Les ÉGP peuvent être subdivisés en deux groupes selon leur numéro atomique, leur point de fusion ou encore en fonction de leur comportement chimique semblable. Les ÉGP légers sont le Ru, Rh et le Pd (respectivement 44, 45 et 46) et les ÉGP lourds sont formés de Os, Ir et Pt (respectivement 76, 77 et 78). Cependant, la classification la plus utilisée pour les ÉGP est selon leur comportement géochimique similaire. Dans ce cas, on a le groupe de l'iridium (I-ÉGP) constitué de l'Ir, l'Os et le Ru et le groupe du palladium (P-ÉGP) constitué du Pd, du Pt et du Rh.

Tableau 1.3 Principales propriétés physico-chimiques des ÉGP et de l'Au (tiré de Gueddari, 1996).

	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Au
Numéro atomique	76	77	44	45	78	46	79
Poids atomique	190,2	193,1	101,7	102,91	195,23	106,7	197,2
Rayon atomique (Å)	1,33	1,35	1,34	1,34	1,38	1,37	1,37
Valences	3,4,6,8	1,3,4	2,3,4,6,8	1,3	2,4	2,4	1
Réseau cristallin	h	c.f.c	h	c.f.c	c.f.c.	c.f.c.	c.f.c.
Paramètre de maille (a et c en Å)	a=2,714 c=4,316	a=3,823	a=2,68 c=4,261	a=3,82	a=3,93	a=3,888	a=4,078
Densité (g/cm ³) à 20°C	22,7	22,65	12,3	12,42	21,45	12,03	19,32
T° de fusion (°C)	2700	2454	2400	1966	1774	1555	1064
T° d'ébullition (°C)	5000	4400	4150	3727	4050	3600	2966
Susceptibilité magnétique (cm ³ /g x 10 ⁶)	+ 10	+ 25	+ 43	+ 102	+ 189	+ 558	-

c.f.c. : cubique à faces centrées ; h : hexagonal.

Tableau 1.4 Utilisations des ÉGP dans l'industrie (tiré de Gueddari, 1996).

Caractéristiques et applications	
Os	Catalyseur, lampes à incandescence, micrographie, pointe des stylographes, métallisation, résistance à la corrosion.
Ir	Catalyseur, filaments de lampes à incandescence, fabrication de pointes pour appareils de physique, plumes et des instruments de chirurgie, contacts électriques, pivots en horlogerie et suspension des aiguilles de boussoles, creusets pour hautes températures.
Ru	Catalyseur, lampes à incandescence, contacts électriques, alliages divers : pointes de stylographes, aiguilles de compas, électrodes, protection contre la corrosion du phosphore et de l'arsenic au cours des dosages en creusets métalliques, émulsions photographiques.
Rh	Catalyseur, utilisé dans la fabrication de l'or brillant, couples thermoélectriques avec Pt, contacts électriques, creusets, électrodes, résistance à l'usure mécanique et à la corrosion chimique, joaillerie, prothèses dentaires.
Pt	Catalyseur, métrologie (étalons mètre et kilogramme, confection du thermomètre normal), plumes stylographes, bijouterie, joaillerie, monnaie, platinage (électrodes de Pt, anodes avec feuilles de Pt), industrie chimique et du laboratoire (confection des creusets, spatules, cuillères, nacelles, cônes, agitateur pour calorimétrie, etc.), fils de résistance, contacts dans les machines d'induction, contacts des bougies d'automobiles, etc.
Pd	Hydrogénation catalytique, protection de l'oxydation, art dentaire, joaillerie (alliage Au-Pd = or blanc), horlogerie, papiers photographiques avec émulsion.

Minéralogie des éléments du groupe du platine

Dans la nature, les ÉGP peuvent montrer des tendances sidérophiles et chalcophile. Les platinoïdes sont considérés comme des éléments ayant une très grande affinité pour le fer. De plus, l'association fréquente des ÉGP avec des gisements sulfurés de Ni-Cu démontre que ces éléments peuvent être fortement chalcophile.

Les affinités géochimiques des ÉGP à former des minéraux du groupe du platine (MGP), dans les roches mafiques et ultramafiques, sont assez bien établis pour les gisements d'ÉGP. En général, les ÉGP se présentent sous la forme d'alliages métalliques, de tellurides et sélénides, de sulfoarséniures, d'arséniures, de sulfures, d'oxydes et même dans la structure cristalline de certains silicates comme l'olivine et les pyroxènes.

En somme, les ÉGP peuvent se diviser en deux groupes distincts : les ÉGP de la famille de l'iridium (I-ÉGP) et les ÉGP de la famille du palladium (P-ÉGP). Les I-ÉGP sont de nature plus réfractaire et cristallisent précocement en association avec la chromite et les silicates sous forme de sulfures de hautes températures ou d'alliages métalliques. Pour leur part, les P-ÉGP tendent à s'associer avec les sulfures comme la pyrrhotite, la pentlandite et la chalcopyrite. Cependant, il faut mentionner que sous certaines conditions les P-ÉGP peuvent également être associés à des phases plus réfractaires comme la chromite.

Dépôts d'éléments du groupe du platine

Les dépôts riches en éléments du groupe du platine se trouvent dans plusieurs contextes géologiques. En général, la très grande majorité des gisements d'ÉGP sont associés à des intrusions mafiques et ultramafiques dont plusieurs datent de l'Archéen. Dans le monde, il y a seulement une douzaine d'intrusions mafiques-ultramafiques caractérisées par des concentrations économiques ou sub-économiques (Tableau 1.5). Neuf dixièmes des ÉGP exploités proviennent de minerais d'ÉGP, et le reste provient essentiellement de gîtes magmatiques de Ni-Cu où les ÉGP sont exploités comme un sous-produit. Finalement, tout comme l'or, les ÉGP peuvent se retrouver dans les gîtes de placers alluviaux.

Tableau 1.5 Réserves et teneurs des gisements d'ÉGP les plus importants dans le monde (selon Barrie, 1996).

Gisements d'ÉGP	Teneur en ÉGP + Au (g/t)	Pt/Pd	Réserves (Mt)
Complexe du Bushveld, Afrique du Sud			
Horizon Merensky	8,1	2,41	2160
Lit de chromitite UG-2	8,7	1,21	3700
Horizon Platreef	7,3	0,91	1700
Complexe Stillwater, Montana			
Horizon J-M	18,8	0,31	421
Lit de chromitite	2,4	0,41	3,4
Great Dyke, Zimbabwe	4,7	1,41	1680
Munni Munni, Australie	2,9	0,61	25
<u>Canada</u>			
Big Trout Lake, Ontario	~ 2	11	Nd
Bird River, Manitoba	~ 0,6	0,51	nd
East Bull Lake, Ontario	2,5	0,31	nd
Lac des Iles, Ontario	5,4	0,141	nd
Muskox, T.N.-O.	~ 1	0,11	nd

Dans des gisements de ce type, la proportion des différents éléments du groupe du platine (Pd, Pt, Rh, Ir, Ru, Os) est déterminante pour la rentabilité. Le ratio Pt/Pd est important car le palladium constitue généralement de 75 % à 90 % des platinoïdes contenu dans les gisements magmatiques.

Les gisements de minéraux du groupe du platine au sein d'intrusions mafiques et ultramafiques peuvent être regroupés de plusieurs façons. Barrie (1996) distingue deux types de gîtes platinifères : le type « horizon minéralisé » (Bushveld) et le type « brèche d'intrusion » (Lac des Iles). Ces deux types définis par Barrie (1996) possèdent des caractéristiques communes. Une des différences importantes entre le type « horizon minéralisé » et le type « brèche d'intrusion » est qu'ils représentent respectivement des minéralisations concordantes et non-concordantes. Naldrett (1993) base aussi sa classification sur la concordance de la minéralisation. Cette classification permet de diviser les différents types de minéralisations platinifères et non pas de regrouper les intrusions litées entre elles. De cette

manière, une intrusion qui possède plusieurs types de minéralisations en ÉGP (Bushveld : Merensky Reef et Dunite Pipes) ne sera pas catégorisée dans une seule classe. Le tableau 1.6 montre la classification élaborée par Naldrett (1993) pour les gisements d'ÉGP.

Tableau 1.6 Types de dépôts d'éléments du groupe du platine associés aux intrusions litées (Selon Naldrett, 1993).

Dépôts d'ÉGP dans les intrusions litées

CONCORDANTS

DÉPÔTS À SULFURES DOMINANTS

Associés à des niveaux stratiformes enrichis en ÉGP ("reefs")

- Merensky Reef, Bushveld (Afrique du Sud)
- J-M Reef, Stillwater (Montana, É-U)
- Ala-Penikka 1, Ala-Penikka 2, Sompujarvi et Paasivaara Penikat (Finlande)

Non-associés à des niveaux stratiformes enrichis en ÉGP ("reefs")

- Main sulphide zone, Great Dyke (Zimbabwe)
- Lower sulphide zone, Great Dyke (Zimbabwe)

DÉPÔTS À CHROMITITES DOMINANTES

- UG-1 & UG-2 chromitite, Bushveld (Afrique du Sud)
- Sompujarvi, Penikat (Finlande)
- Chromitite A, Stillwater (Montana, É-U)

NON-CONCORDANTS

- Robie zone, Lac des Iles (Ontario, Canada)
 - Platreef, Bushveld (Afrique du Sud)
 - Dunite Pipes, Bushveld (Afrique du Sud)
-

CHAPITRE II - CONTEXTE GÉOLOGIQUE

2.1 Géologie régionale

La géologie de la région du Menarik comprend trois ensembles de roches archéennes, des dykes protérozoïques et un bassin sédimentaire d'âge protérozoïque. Les ensembles de roches archéennes font partie de la sous-province plutonique de Bienville, de la sous-province volcano-plutonique de La Grande et de la sous-province métasédimentaire d'Opinaca (Figure 2.1).

Dans la région étudiée, la sous-province de Bienville est constituée d'une grande intrusion de monzonite porphyrique, d'un granite à hornblende, d'une tonalite et d'une monzodiorite. La limite entre les sous-provinces de Bienville et celle de La Grande peut être mise en évidence par la différence de signature magnétique (Goutier et al., 1999a). Le contact sud de la sous-province de Bienville et de la sous-province de La Grande est une zone de faille coulissante majeure à déplacement dextre tandis que le contact sud-est serait plutôt une zone de faille de chevauchement (Goutier et al., 1999a, 1999b).

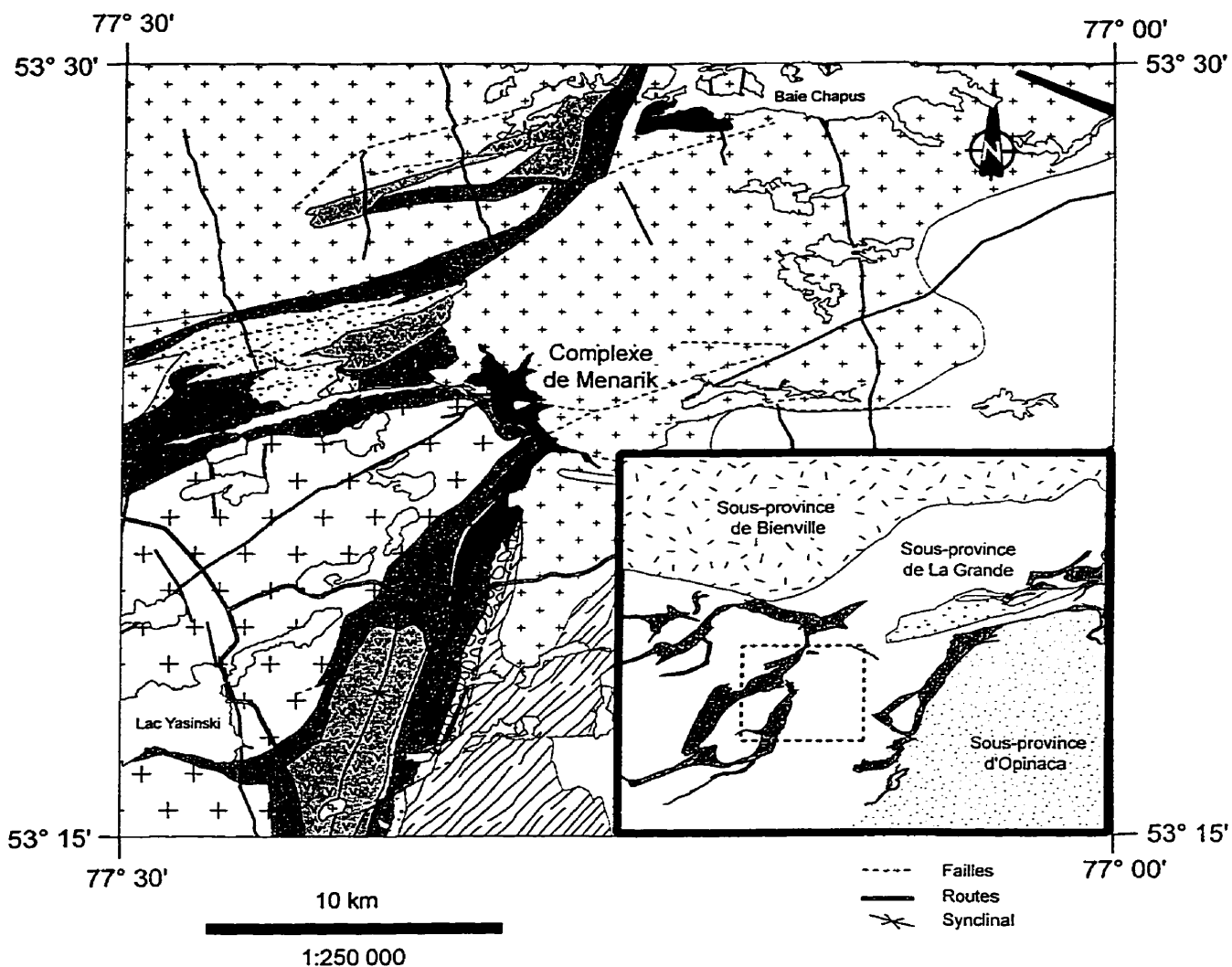
La sous-province d'Opinaca est constituée de wackes feldspathiques plissés passant progressivement à des paragneiss à biotite. Des bandes de conglomérats polygéniques, des formations de fer ainsi que des arénites quartzifères font également partie de cet ensemble métasédimentaire. Une multitude d'injections de pegmatites à tourmaline-biotite-muscovite-grenat et des plutons de granites roses se retrouvent dans l'Opinaca et recourent le contact entre les sous-provinces de La Grande et de l'Opinaca (Goutier et al., 1998, 2000).

La sous-province de La Grande se compose d'un ensemble de gneiss tonalitique, d'une séquence volcano-sédimentaire et de multiples intrusions de compositions tonalitiques, granitiques, gabbroïques et ultramafiques. Dans cette province, l'unité la plus vieille est le Complexe de Langelier. Ce complexe comprend un gneiss tonalitique, une tonalite à hornblende et biotite ainsi qu'une tonalite foliée

à gneissique. Le complexe est séparé de la séquence volcano-sédimentaire par des zones de failles ou des injections de tonalites tardives.

En deux endroits, une discordance d'érosion a été observée entre le Complexe de Langelier et la Formation d'Apple qui constitue la base de la séquence volcano-sédimentaire (Goutier et al., 1999). La séquence volcano-sédimentaire est subdivisée en trois formations métasédimentaires (Formations d'Apple, de Shabudowan et d'Ekomiak) et un groupe métavolcanique (Groupe de Yasinski). La Formation d'Apple est surmontée du Groupe de Yasinski. Elle est constituée d'arénites quartzitiques et de conglomérats monogéniques uranifères à cailloux de quartz et contenant de la pyrite disséminée. Le Groupe de Yasinski surmonte la Formation d'Apple et est composé de basaltes tholéïtiques, d'andésites et de formations de fer. On retrouve localement des bandes de grès, des conglomérats polygéniques et des volcanites felsiques intercalées dans cette séquence volcanique. Les volcanites du Groupe de Yasinski sont surmontées par la séquence de wackes lithiques et de conglomérats polygéniques (contenant des fragments de tonalite) de la Formation d'Ekomiak en contact concordant à discordant avec les volcanites. La séquence volcano-sédimentaire forme plusieurs bandes orientées NE-SO résultant d'une série d'imbrications et de plissements (Goutier et al., 1998, 1999).

Les formations supracrustales de la sous-provinces de La Grande sont injectées d'intrusions de tonalites à hornblende, de monzodiorites à hornblende et de diorites quartzifère (Intrusions de Duncan et au Pluton d'Amisach Wat). Ces roches sont également injectées par des intrusions mafiques et ultramafiques (dont le Complexe de Menarik). Les derniers événements magmatiques archéens consistent en la mise en place de plutons elliptiques (Pluton de Tipitipisu, Syénite du lac Bruce, Granite du lac Taylor) et de plutons granitiques tardi-tectoniques associés à des pegmatites à mica-tourmaline-grenat-béryl (Granite du Vieux-Comptoir).



Protérozoïque

— Gabbro, parfois porphyrique

Archéen

Sous-province de La Grande

Gabbro (I3A)

■ Gabbro

Intrusion ultramafique

■ Péridotite (I4I) et pyroxénite (I4B)

■ Gabbro

Pluton d'Amisach Wat (2716 +/- 3 Ma)

⊕ Tonalite à hornblende

Intrusions de Duncan

⊕ Tonalite, monzonite, monzodiorite à hornblende, monzodiorite qtz et diorite

Formation d'Ekomiak

⊕ Conglomérat polygénique, wacke lithique, mudrocks et formation de fer à oxydes

Formation de Shabudowan (Asw)

⊕ Grès feldspathique et conglomérat polygénique

Groupe de Yasinski (2732 +/- 6 Ma)

⊕ Tufs dacitiques, rhyolite et dacite

⊕ Andésite et tufs intermédiaires

⊕ Basalte, andésite basaltique et amphibolite

Formation d'Apple

⊕ Arénite quartzitique et conglomérat monogénique à cailloux de quartz, avec PY et U

Complexe de Langelier

⊕ Tonalite

⊕ Gneiss tonalitique

Figure 2.1 Géologie régionale simplifiée de la région du Complexe de Menarik (Modifiée de Goutier et al., 1998b).

2.2 Stratigraphie et géochronologie

Les travaux de Goutier et al. (1998b, 1998c, 1999a, 1999b et 2000) ont permis de définir l'évolution tectono-stratigraphique de la région. Ces travaux ont permis de définir quatre principaux événements tectono-magmatiques archéens dont la chronologie relative est établie à partir de datations isotopiques :

1. Mise en place du Complexe gneissique et plutonique de Langelier. Ce complexe est caractérisé par des âges, d'au moins 2811 ± 2 Ma (Mortensen et Ciesielski, 1987) obtenus sur des gneiss tonalitiques et de $2788 +4/-3$ Ma et 2794 ± 2 Ma (âge U-Pb sur zircon) obtenus pour des tonalites déformées (Goutier et al., 1998b et 1998c).
2. Mise en place de la séquence volcano-sédimentaire dont la base est représentée par la Formation d'Apple. Cette formation est surmontée du Groupe de Yasinski ($2732 +8/-6$ Ma, âge U-Pb sur zircon; Goutier et al, 1998b).
3. Intrusion de la tonalite d'Amisach Wat (2716 ± 3 Ma ; âge U-Pb sur zircon, Goutier et al., 1998), de Duncan et de Tipitisu, des intrusions ultramafiques de Menarik et de baie Chapus et du Granite du lac Taylor (2699 ± 3 Ma ; âge U-Pb sur zircon, Goutier et al., 1999b).
4. Mise en place du granite à biotite du Vieux-Comptoir et des pegmatites à tourmaline datées à 2618 ± 2 Ma (âge U-Pb sur zircon, Goutier et al, 1999b et 2000).

Par contre, il est impossible d'observer les principaux événements (4) tectono-magmatiques dans la région du CDM. La figure 2.2 présente d'une façon schématique, les relations chronologiques et de recoupement entre les roches supracrustales, gneissiques et plutoniques dans la sous-province de La Grande. Dans la région du CDM le socle ancien (Complexe de Langelier), s'observe sous la forme d'une enclave de granodiorite ($2832 +/ -3$ Ma; âge U-Pb sur zircon, Goutier et al., 1998b) piégée dans la tonalite de Duncan au NE du Complexe de

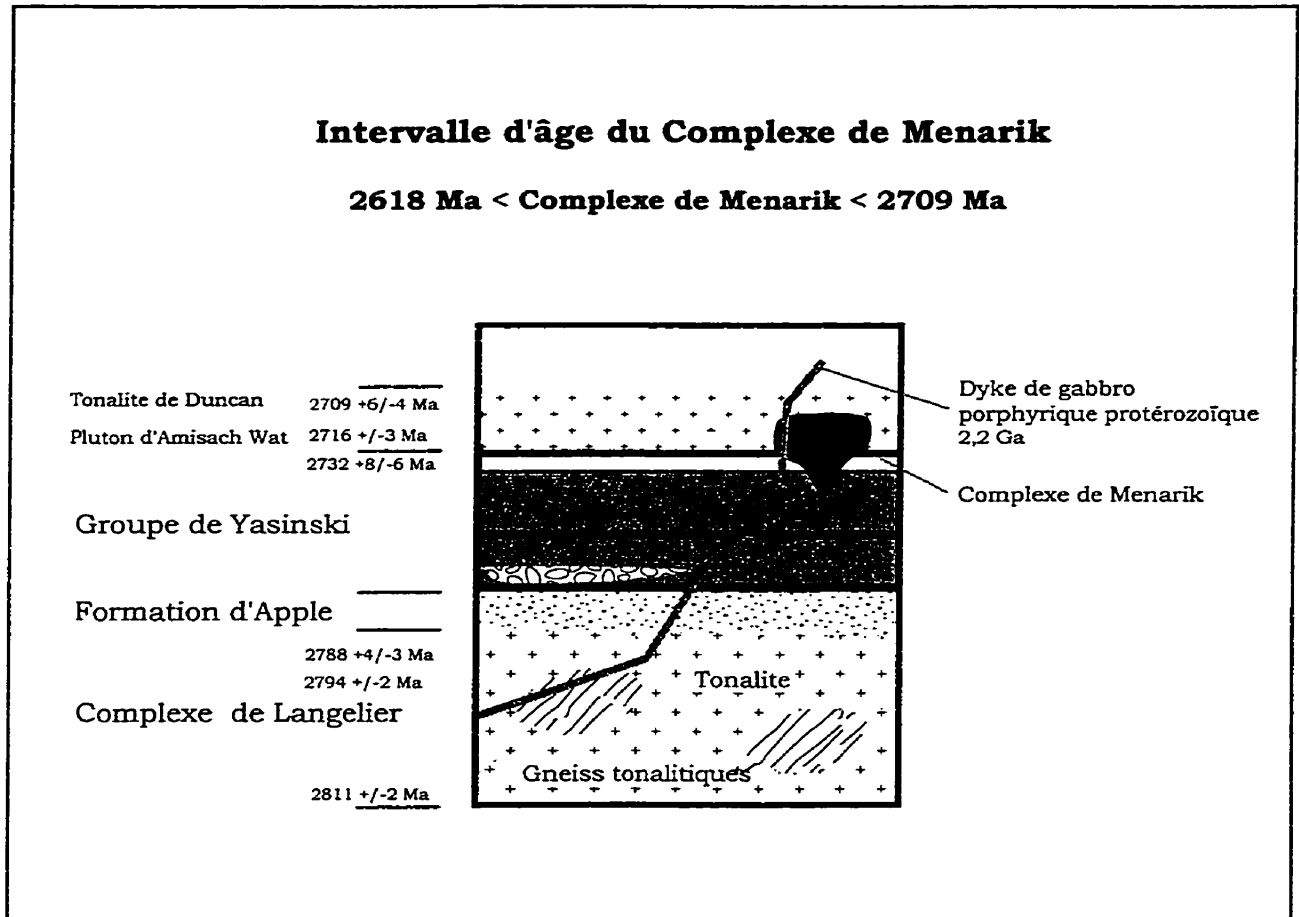


Figure 2.2 Colonne stratigraphique simplifiée de la sous-province de La Grande dans la région du Complexe de Menarik (modifiée de Goutier et al., 1998b).

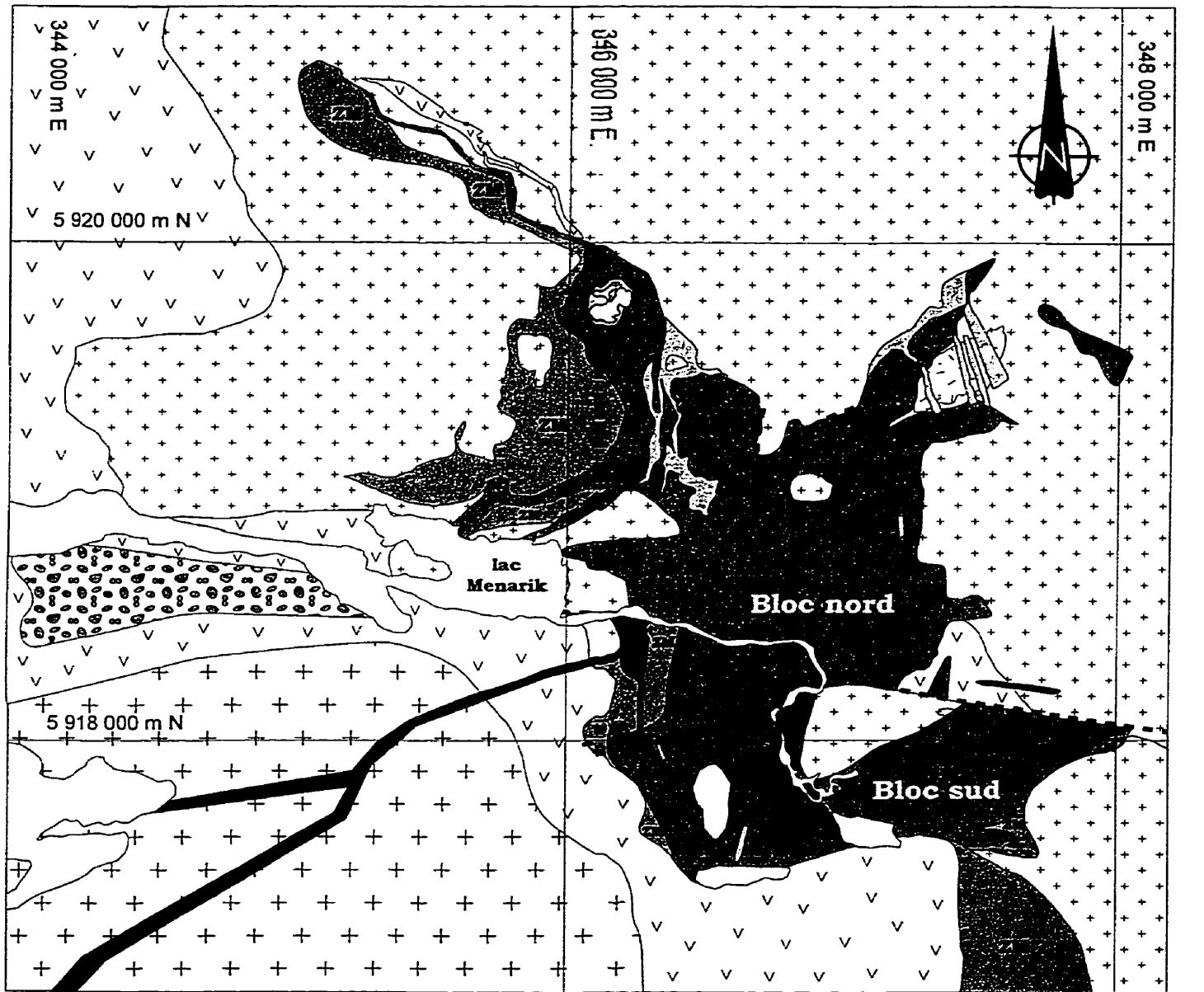
Menarik (Figure 2.3). Le second événement correspond à la mise en place du Groupe de Yasinski (2732 Ma) situé à l'ouest de l'intrusion de Menarik. La mise en place du pluton d'Amisach Wat (2716 Ma), au SO, et d'une tonalite du Duncan (2709 Ma), au N-NE, sont associées au troisième événement majeur dans la région. Par la suite, le Complexe de Menarik recoupe les roches volcaniques du Yasinski et la tonalite de Duncan ce qui lui confère un âge maximum de $2709 \pm 6/-4$ Ma. Le dernier événement magmatique dans la région du CDM consiste en l'injection d'un dyke de gabbro protérozoïque associé à un événement daté à 2,2 Ga (Ernst et al., 1998) affleurant au SO. Le 4e événement tectono-magmatique n'est pas présent dans le secteur. Cependant, ce dernier est considéré par Goutier et al. (2000) comme étant le dernier événement magmatique ayant affecté la région conférant ainsi un âge minimum de 2618 ± 2 Ma.

2.3 Géologie locale

Le CDM est situé dans l'extrémité NE de la ceinture volcano-sédimentaire du lac Yasinski (Figures 2.1 et 2.3). Plusieurs lithologies, dont le Complexe de Langelier, le Groupe de Yasinski, une Intrusion de Duncan, le Pluton d'Amisach Wat et des dykes à xénolites et protérozoïques, se retrouvent à proximité du CDM.

2.3.1 Granodiorite du Complexe de Langelier

Dans la région, le Complexe de Langelier est identifié comme étant le socle ancien (Goutier et al., 1998b, 1998c, 1999a, 1999b, 2000). Il comprend trois principales unités : un gneiss tonalitique, une diorite quartzifère gneissique et une tonalite foliée à gneissique. Dans le secteur du Complexe de Menarik, les lithologies typiques du Complexe de Langelier ne sont pas observées. Cependant, une granodiorite, datée à 2832 ± 5 Ma, est observée au NE de l'intrusion et est interprétée comme une enclave du Complexe de Langelier incluse dans une tonalite plus jeune (Goutier et al., 1998b).



--- Faille

■ Gabbro protérozoïque

++ Pluton d'Amisach Wat

++ Tonalite de Duncan

■ Formation d'Ekomiak
Conglomérat polygénique
et wacke

vv Groupe de Yasinski
Basalte et basalte cisailé

■ Complexe de Langelier
Granodiorite

■ Dyke mafique à xénolites
et brèche

■ Gabbro
Complexe de Menarik

■ Zone Ultramafique (ZU)
Péridotite, pyroxénite

■ Zone Mafique (ZM)
Gabbro

Figure 2.3 Carte géologique simplifiée du Complexe de Menarik (modifiée de Rivard 1985; Pelletier 1990 et 1995).

La granodiorite est par endroit foliée avec le développement de muscovite qui lui donne une patine blanchâtre à légèrement verdâtre. Cette foliation est toutefois moins bien développée que dans la tonalite encaissante. Elle possède une texture porphyrique où les phénocristaux de feldspaths potassiques sont en proportion variable (de 0-20 %). La granulométrie de ces roches varie de 0,5 à 1,0 cm tandis que la matrice est à granulométrie moyenne (1-2 mm). La granodiorite est de plus composée de 40 à 50 % de plagioclase, de 15 à 20 % de quartz, ~ 15 % de feldspath potassique et d'environ 20 % de minéraux de biotite.

2.3.2 Groupe de Yasinski

Le Groupe de Yasinski a été établi par Goutier et al. (1998b, 1998c) pour désigner une séquence de volcanites (mafiques >intermédiaires >> felsiques), de roches sédimentaires clastiques et de formations de fer. Les roches de ce Groupe affleurent dans toute la partie ouest du Complexe de Menarik et localement dans la partie à l'est de l'intrusion.

La lithologie dominante du Groupe de Yasinski est constituée de basaltes et d'andésites basaltiques (Goutier et al., 1998b). De la base vers le sommet stratigraphique, les unités de roches volcaniques du Yasinski vont de coulées de basaltes tholéitiques aphyriques, d'une épaisseur de 100 à 200 m, à des coulées de basaltes andésitiques et à des andésites riches en porphyres de feldspath (~500m). Les unités sont recouvertes par des horizons de matériaux volcaniques dacitiques à rhyolitiques à dominance fragmentaire (~200 m) (Goutier et al., 1998b, 2000 et Laflèche et al., 2000).

Dans le secteur de l'intrusion ultramafique, les roches volcaniques sont très déformées et les structures primaires sont oblitérées. Les roches volcaniques sont métamorphosées en amphibolites foliées à grains fins à moyens et localement riches en grenat (5 à 10 %) de 2 à 5 mm de diamètre. Les zones à grains fins sont souvent mylonitisées et caractérisées par de nombreux petits plissements fermés, mais elles peuvent aussi être massives. Les zones à grains moyens forment des horizons caractérisés par le développement d'amphiboles aciculaires (5 à 10 mm, fibro-

radiées) facile à confondre avec des gabbros amphibolitisés. Localement, on observe des zones d'altérations rouillées causées par l'oxydation de sulfures finement disséminés ou en petits amas. La pyrite et la pyrrhotite (~ 1 %) se retrouvent préférentiellement dans certains niveaux, plus grenus, concordants avec la schistosité développée dans les basaltes. Des formations de fer à oxydes, localement riches en grenat, des conglomérats polygéniques, des wackes et des intrusions felsiques porphyriques sont intercalés dans les roches volcaniques. Une dacite (ouest de l'intrusion) du Groupe de Yasinski a fait l'objet d'une datation isotopique U-Pb sur zircon qui donne un âge de 2732 +8/-6 Ma et qui représente l'âge du volcanisme felsique de cette unité (Goutier et al., 1998b).

2.3.3 Formation d'Ekomiak

Dans la région du Complexe de Menarik, la Formation d'Ekomiak est constituée de wackes et de conglomérats polygéniques (Goutier et al., 1998b). Les wackes lithiques sont de couleurs variables (du vert au rose et au brun). Cette variation reflète la présence de plusieurs minéraux d'altération comme l'hématite et la chlorite. Plusieurs structures sédimentaires sont conservées dans ces wackes. Les conglomérats polygéniques sont intercalés dans la séquence de wackes lithiques. Les fragments sont généralement arrondis, mal triés et supportés entre eux. Le conglomérat est massif et aucune structure sédimentaire n'a pu y être observée.

2.3.4 Intrusions de Duncan

Les Intrusions de Duncan sont constituées de tonalites, de diorites, de monzodiorites et de monzonites qui sont postérieures au Groupe de Yasinski. Elles recoupent donc l'ensemble des roches volcaniques et sédimentaires et elles montrent un degré variable de déformation.

Dans le secteur du lac Menarik, les Intrusions de Duncan sont caractérisées par la présence de tonalites et de tonalites à hornblende. Ces tonalites sont grises à rosées avec une patine blanche et montrent une texture homogranulaire. Contrairement aux tonalites du Complexe de Langelier, ces roches sont affectées par

une faible déformation. Les tonalites (< 10 % de feldspath potassique) sont principalement composées de plagioclase (40-50 %), de quartz (30-40 %) et de minéraux ferromagnésiens (1 à 15 % de hornblende + biotite). L'épidote, le sphène, l'apatite et le zircon constituent les principaux minéraux accessoires.

Cette masse tonalitique, qui borde le secteur N et SE du Complexe de Menarik, est injectée par de nombreux dykes gabbroïques qui seront abordés dans le chapitre sections trois.

2.3.5 Pluton d'Amisach Wat

Ce pluton est constitué d'une composante majeure de composition tonalitique, et d'une composante mineure de composition dioritique. Toutefois, la composante dioritique n'est pas présente dans le secteur du Complexe de Menarik (Figure 2.3). La composante tonalitique est de granulométrie moyenne (2-5 mm) et montre une texture massive à légèrement foliée. Sa patine est blanchâtre et une légère altération produit une patine verdâtre (épidotisation) à rosée (hématisation). La tonalite est caractérisée par une texture porphyrique avec des phénocristaux de quartz (5 %) de 3 à 5 mm et de la hornblende (3 à 10 %) et de la biotite.

Cette intrusion est post-métamorphique et recoupe les roches volcaniques mylonitiques du Groupe de Yasinski. Un âge de 2716 ± 3 Ma, obtenu par une datation U-Pb sur zircon est interprété comme l'âge de la mise en place de la tonalite (Goutier et al., 1998c).

2.3.6 Complexe de Menarik

La Zone Ultramafique du Complexe de Menarik se compose de dunite à harzburgite (à chromite), de lherzolite (à chromite), de métapyroxénite [webstérite à olivine (à chromite), webstérite], d'horizons stratiformes de chromitites platinifères et de sulfures filoniens riches en ÉGP-Ni-Cu. Sa superficie est de 2 x 3 km² et son épaisseur est estimée à environ 500 m. Il est encaissé dans la tonalite de Duncan et dans les basaltes mylonitisés du Groupe de Yasinski.

2.3.7 Dykes à xénolites

Des dykes de hornblendite recoupent toutes les unités observées dans la région. Un de ces dykes a été observé au sud de la faille majeure ESE qui recoupe les gabbros du Complexe de Menarik. Il n'est pas déformé et contient un certain nombre de xénolites (tonalites, gabbros, basaltes et péridotites). Une description plus détaillée de la minéralogie de ce dyke sera discutée dans le chapitre suivant.

2.3.8 Dykes protérozoïques

Les roches les plus jeunes de la région sont des dykes protérozoïques qui recoupent toutes les autres unités géologiques précambriennes. Ces dykes ne sont affectés ni par la déformation et ni par le métamorphisme régional. L'épaisseur des dykes est variable et généralement inférieure à 100 m. Par contre, ces dykes ont une extension latérale kilométrique. Dans la région, on observe deux dykes protérozoïques dont le plus important se trouve au SE du Complexe de Menarik (épaisseur de ~60 m). Les travaux préliminaires de paléomagnétisme (Ernst et al., 1998) suggèrent que les dykes protérozoïques pourraient se rattacher à l'essaim des dykes de Senneterre qui est daté à 2,2 Ga (Ernst et al., 1998).

Les dykes sont constitués de gabbros généralement magnétiques, à grains moyens (2-5 mm) et de couleur vert foncé en cassure fraîche avec une patine brunâtre très caractéristique. Les gabbros exhibent une bordure de trempe pouvant varier de quelques centimètres à quelques mètres. Les gabbros sont fréquemment porphyriques à gloméroporphyriques. Pour ces roches, les phénocristaux de plagioclases sont relativement abondants (2 à 5 %) et grossier (0,5 à 2,0 cm de diamètre). La texture subophitique est la plus commune et les plagioclases sont légèrement saussuritisés (Goutier et al., 1998b).

2.4 Métamorphisme et structure

Deux épisodes de métamorphisme régional ont été identifiés dans la région. En général, dans le secteur du Menarik, l'intensité du métamorphisme varie du faciès des schistes verts à celui des amphibolites. Le premier épisode métamorphique, qui atteint le faciès des amphibolites, affecte les gneiss et les tonalites du Complexe de Langelier. Le second épisode de métamorphisme affecte la séquence supracrustale qui est métamorphisée au faciès des schistes verts, localement à celui des amphibolites (Goutier et al., 1998b). Dans la région, les isogrades métamorphiques régionaux sont représentés par la chlorite, l'amphibole, la biotite, le grenat et la staurotide (Goutier et al., 1998b). Au voisinage du Complexe de Menarik, le Pluton d'Amisach Wat et la tonalite de Duncan sont caractérisés par l'apparition de la biotite qui remplace la hornblende. L'amphibole et localement le grenat sont présents dans les roches du Groupe de Yasinski. Dans le Complexe de Menarik, le métamorphisme se manifeste surtout par la présence de serpentine, de chlorite, de magnétite, de talc et de carbonate. Les minéraux métamorphiques témoignent des conditions prévalantes lors du deuxième épisode de métamorphisme.

Les travaux de Goutier et al. (1998a, 1998b, 1999a, 1999b, 2000) permettent de diviser la région en trois ensembles structuraux. Le premier ensemble regroupe les roches du Complexe de Langelier. Les roches sont affectées par une intense déformation soulignée par un rubanement gneissique montrant une différenciation compositionnelle fréquemment plissotée. Le deuxième ensemble structural correspond aux roches volcano-sédimentaires plissées et imbriquées. Ces roches forment deux bandes au grain structural orienté ENE et NNE. La déformation y est très irrégulière et les roches mylonitisées alternent avec des panneaux monoclinaux beaucoup moins déformés. Le troisième ensemble structural regroupe les intrusions plus tardives comme celles de Duncan, d'Amisach Wat ainsi que les intrusions ultramafiques tardives caractérisées par une foliation tectonique peu développée.

CHAPITRE III - GÉOLOGIE DU COMPLEXE DE MENARIK

La description pétrographique des différentes unités lithologiques du Complexe de Menarik est basée sur les données de terrain et sur l'étude pétrographique des lames minces. Ces données servant aussi à décrire le métamorphisme, la séquence de cristallisation magmatique, les faciès minéralisés et la stratigraphie ignée du Complexe de Menarik. La carte géologique simplifiée du complexe intrusif est présentée à la figure 3.1 et, en pochette, deux cartes détaillent la localisation des échantillons (Figure 3.2) et la géologie (Figure 3.3).

3.1 Classification des roches ultramafiques

La classification des roches ultramafiques et mafiques est principalement basée sur l'estimation visuelle des modes minéralogiques. Cette estimation a été rendue possible grâce à l'observation des échantillons mégascopiques et sous le binoculaire. De plus, plusieurs échantillons ont été classifiés à partir de l'étude des sections polies (microscope optique). Nous avons également utilisé le calcul des minéraux normatifs pour classifier certaines roches. La nomenclature utilisée pour les roches mafiques est celle de Streckeisen (1976). La nature ultramafique et les teneurs importantes en oxydes de plusieurs roches du Menarik oblige l'utilisation de deux nomenclatures différentes. Dans ce mémoire, nous avons combiné de la classification de Greenbaum (1977) et celle de IUGS (Streckeisen, 1976).

La classification de Greenbaum (1977) (Tableau 3.1) met l'accent sur la proportion de spinelle en prenant comme exemple les roches de l'ophiolite de Troodos. Dans cette classification, seules les proportions modales de chromite sont utilisées compte tenu de la prépondérance de l'olivine comme silicate ferromagnésien. Ceci limite l'application directe de cette nomenclature pour l'ensemble des roches ignées. Par contre, en combinant cette classification à celle de Streckeisen (1976) (Figure 3.4), qui met l'emphase sur la proportion modale des différents silicates (Ol, Cpx, Opx), les roches du Menarik ont pu être subdivisées

adéquatement. La nomenclature utilisée se base sur les proportions modales des silicates auxquels on accole un suffixe selon la proportion modale de chromite.

Tableau 3.1 Classification pour les roches riches en chromite d'après Greenbaum (1977).

Dunite (avec chromite accessoire)	Moins de 5 % de chromite
Dunite à chromite	Entre 5 et 50 % de chromite
Chromitite à olivine	Entre 50 et 90 % de chromite
Chromitite	Plus de 90 % de chromite

En l'absence de la minéralogie primaire des roches du CDM, la classification exacte des différentes lithologies est difficile à réaliser. Toutefois, nous avons procédé à l'estimation modale en se basant sur la présence des pseudomorphes de minéraux primaires en lames minces et du calcul des minéraux normatifs (norme CIPW modifiée pour tenir compte de la quantité importante de spinelle chromifère : Varvalvy, Thèse Ph.D., non publiée). De plus, la géochimie et plus spécifiquement celle des TR a été utilisée comme indicateurs des phases fractionnées lors de la différenciation du CDM.

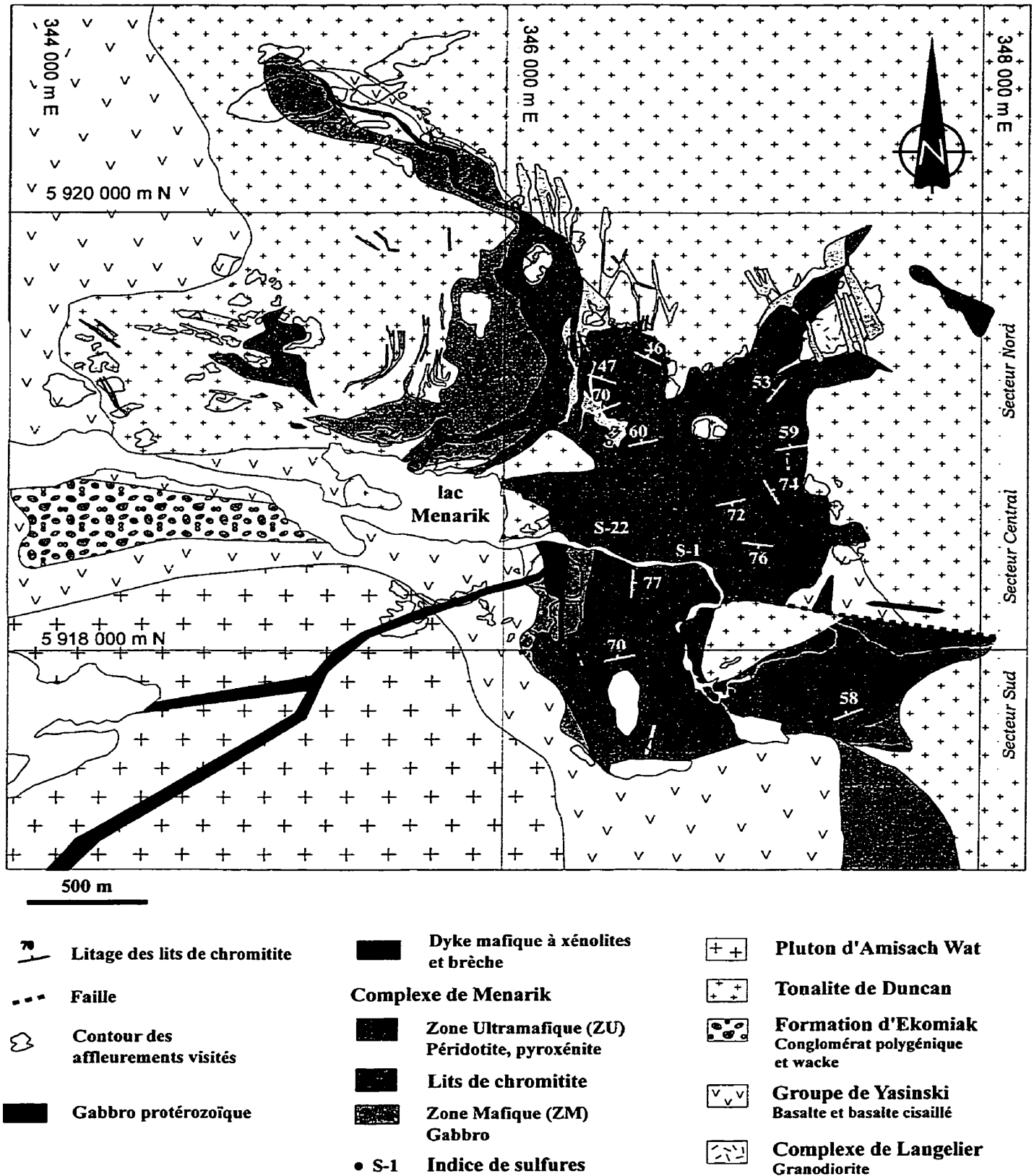


Figure 3.1 Carte géologique du Complexe de Menarik avec quelques affleurements visités (modifiée de Rivard, 1985; Pelletier, 1990 et 1995).

NOTE TO USERS

Oversize maps and charts are microfilmed in sections in the following manner:

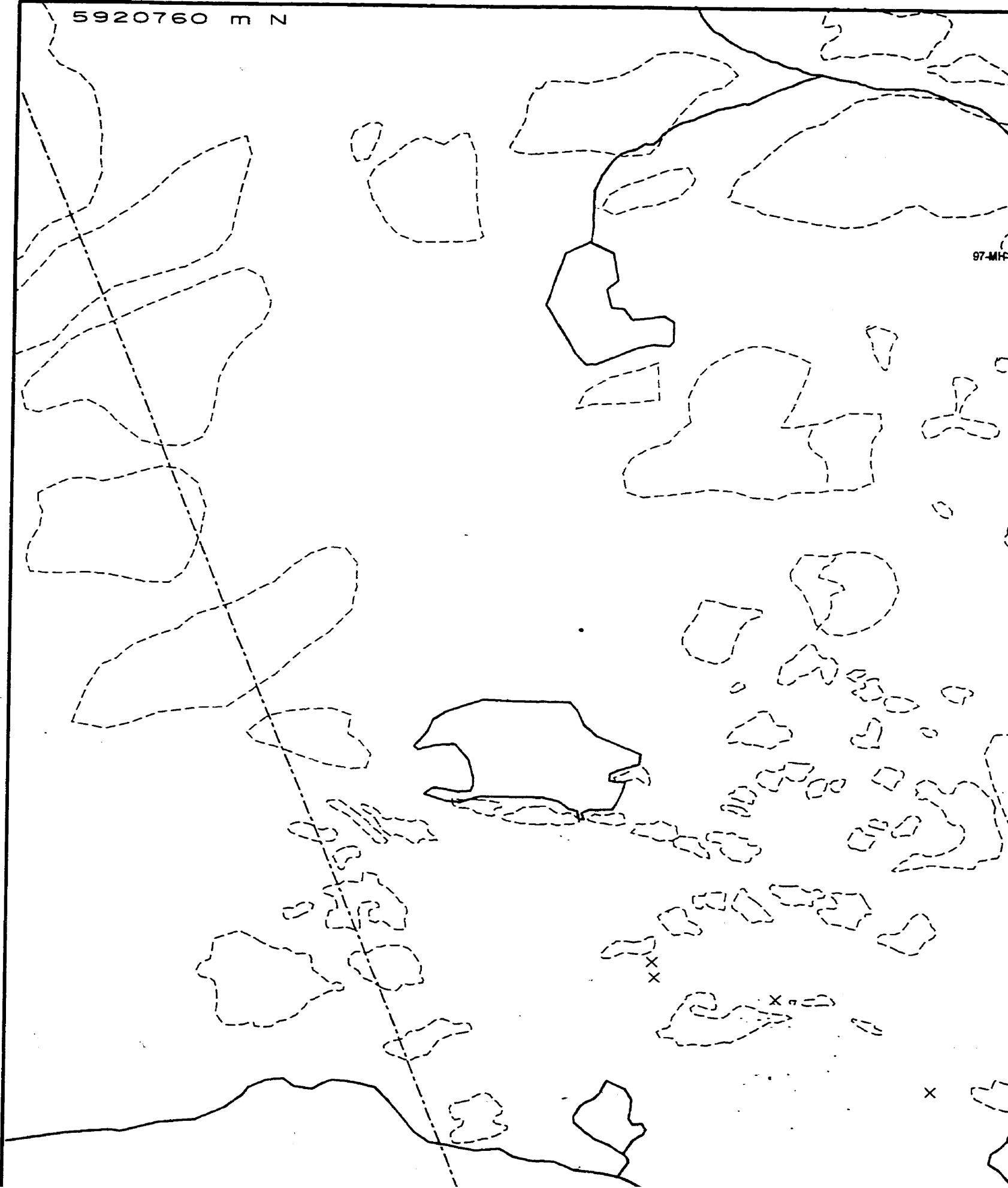
LEFT TO RIGHT, TOP TO BOTTOM, WITH SMALL OVERLAPS

This reproduction is the best copy available.

UMI

5920760 m N

97-MPH

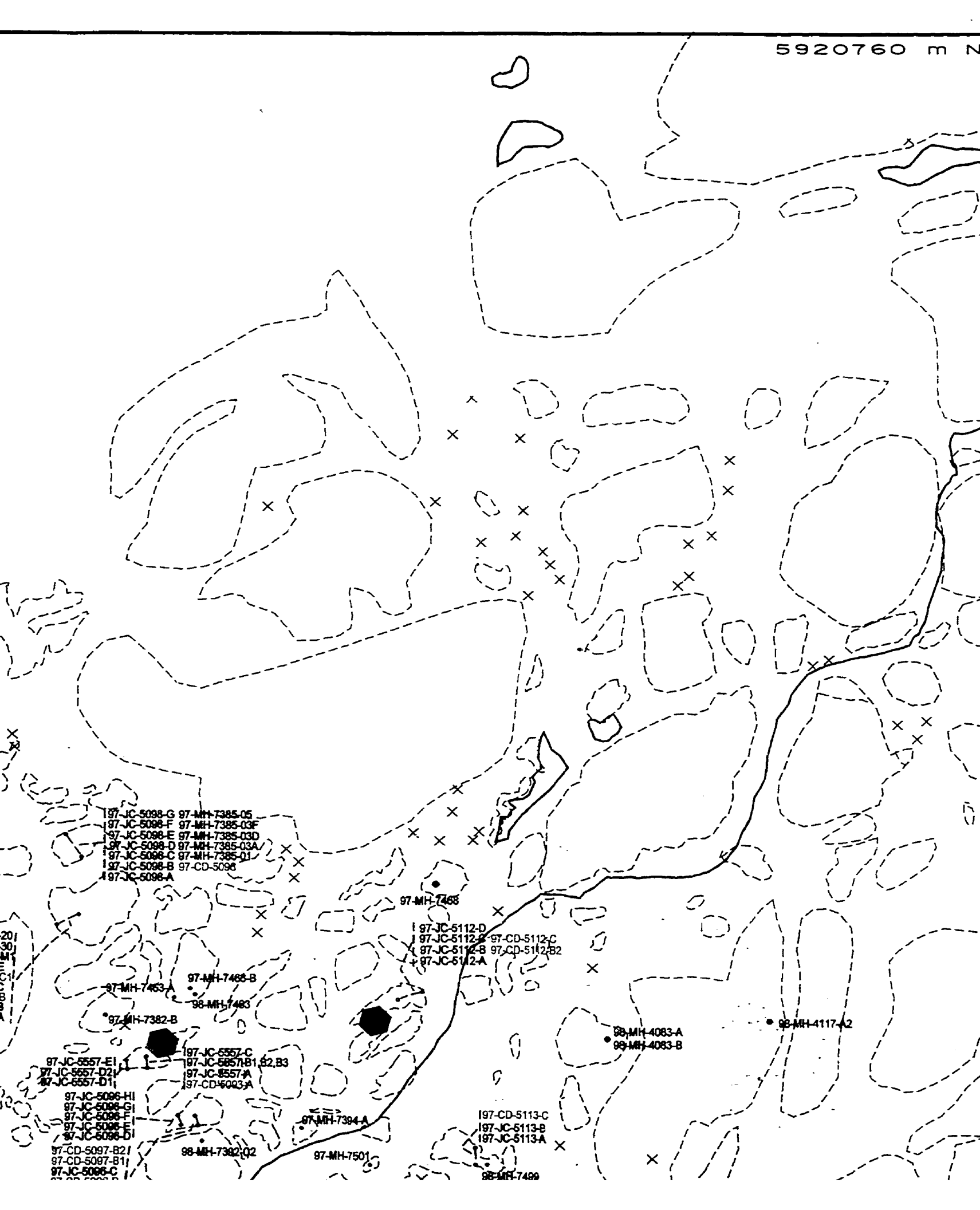


97-MH-7402-A

98-MH-7443

97-MH-7384-201
97-MH-7384-301
97-MH-7384-M1
97-JC-5099-E
97-CD-5099-C1
97-JC-5099-C
97-CD-5099-B
97-JC-5099-B
97-JC-5099-A

97-JC-5557-E1
97-JC-5557-D21
97-JC-5557-D11
97-JC-5096-H
97-JC-5096-G
97-JC-5096-F
97-JC-5096-E
97-JC-5096-D
97-CD-5097-B21
97-CD-5097-B11
97-JC-5096-C1
97-CD-5096-B



97-JC-5098-G 97-MH-7385-05
 97-JC-5098-F 97-MH-7385-03F
 97-JC-5098-E 97-MH-7385-03D
 97-JC-5098-D 97-MH-7385-03A
 97-JC-5098-C 97-MH-7385-01
 97-JC-5098-B 97-CD-5098
 97-JC-5098-A

97-MH-7468

97-JC-5112-D
 97-JC-5112-C 97-CD-5112-C
 97-JC-5112-B 97-CD-5112-B2
 97-JC-5112-A

97-MH-7463-A

97-MH-7468-B

98-MH-7483

97-MH-7382-B

97-JC-5557-C
 97-JC-5557-B1, B2, B3
 97-JC-5557-A
 97-CD-6003-A

98-MH-4083-A
 98-MH-4083-B

98-MH-4117-A2

97-JC-5557-E1
 97-JC-5557-D21
 97-JC-5557-D11
 97-JC-5096-HI
 97-JC-5096-GI
 97-JC-5096-FI
 97-JC-5096-EI
 97-JC-5096-DI

97-CD-5113-C
 97-JC-5113-B
 97-JC-5113-A

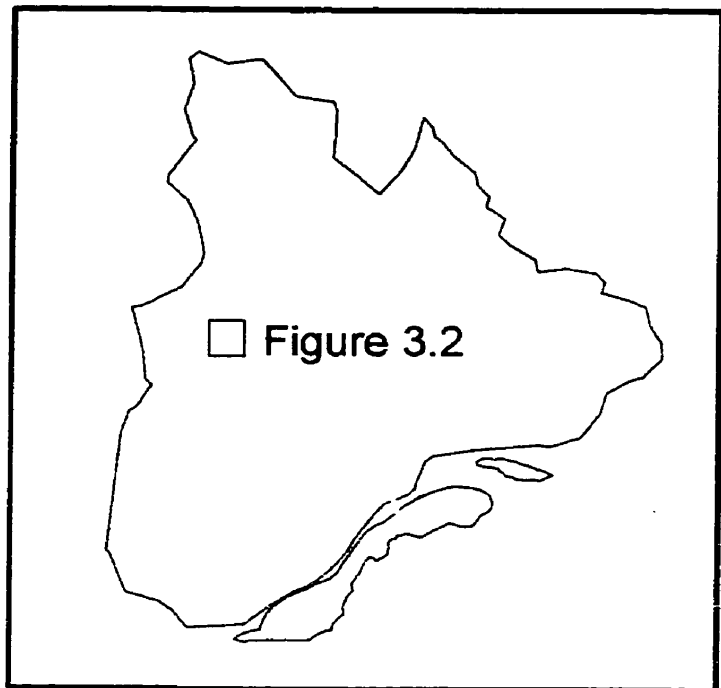
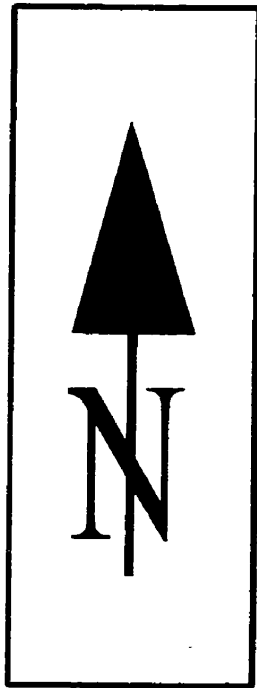
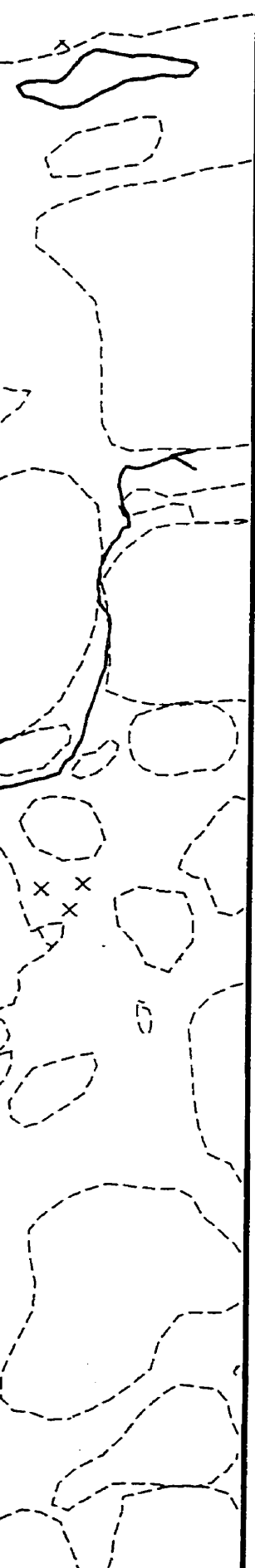
97-CD-5097-B21
 97-CD-5097-B11
 97-JC-5096-C

98-MH-7382-02

97-MH-7501

98-MH-7489

60 m N



Municipalité de la Baie-James, Région de LG-2, Québec

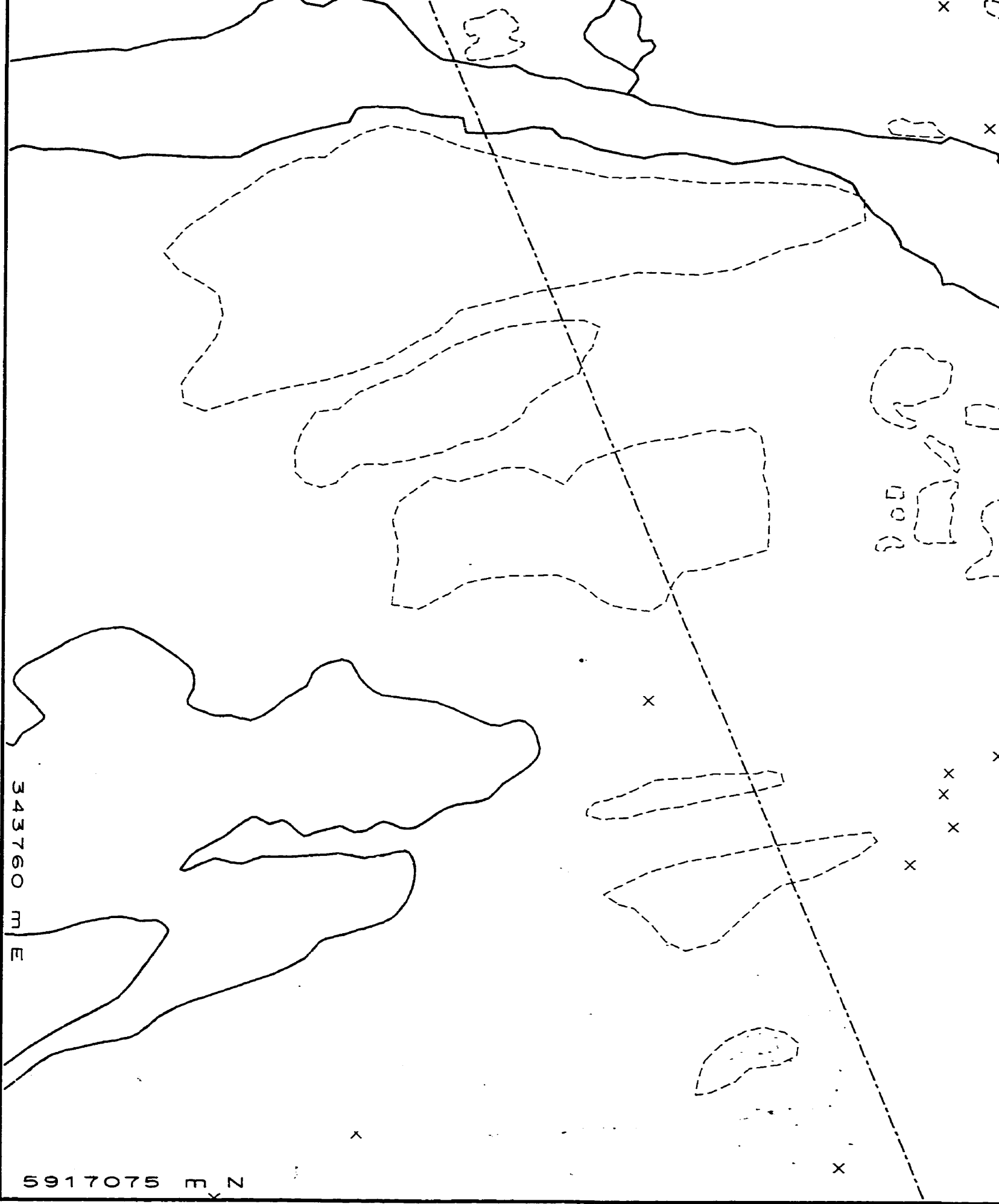
Complexe de Menarik

Figure 3.2 Carte de localisation des échantillons

- Échantillons (éch: Michel Houlé)
Échantillons (éch: Claude Dion, MRNQ)
Échantillons (éch: Jules Cimon, MRNQ)

- Échantillonnages de détails
(plusieurs échantillons sur un
même affleurement)

- ◆ Section détaillée 97-MH-7371



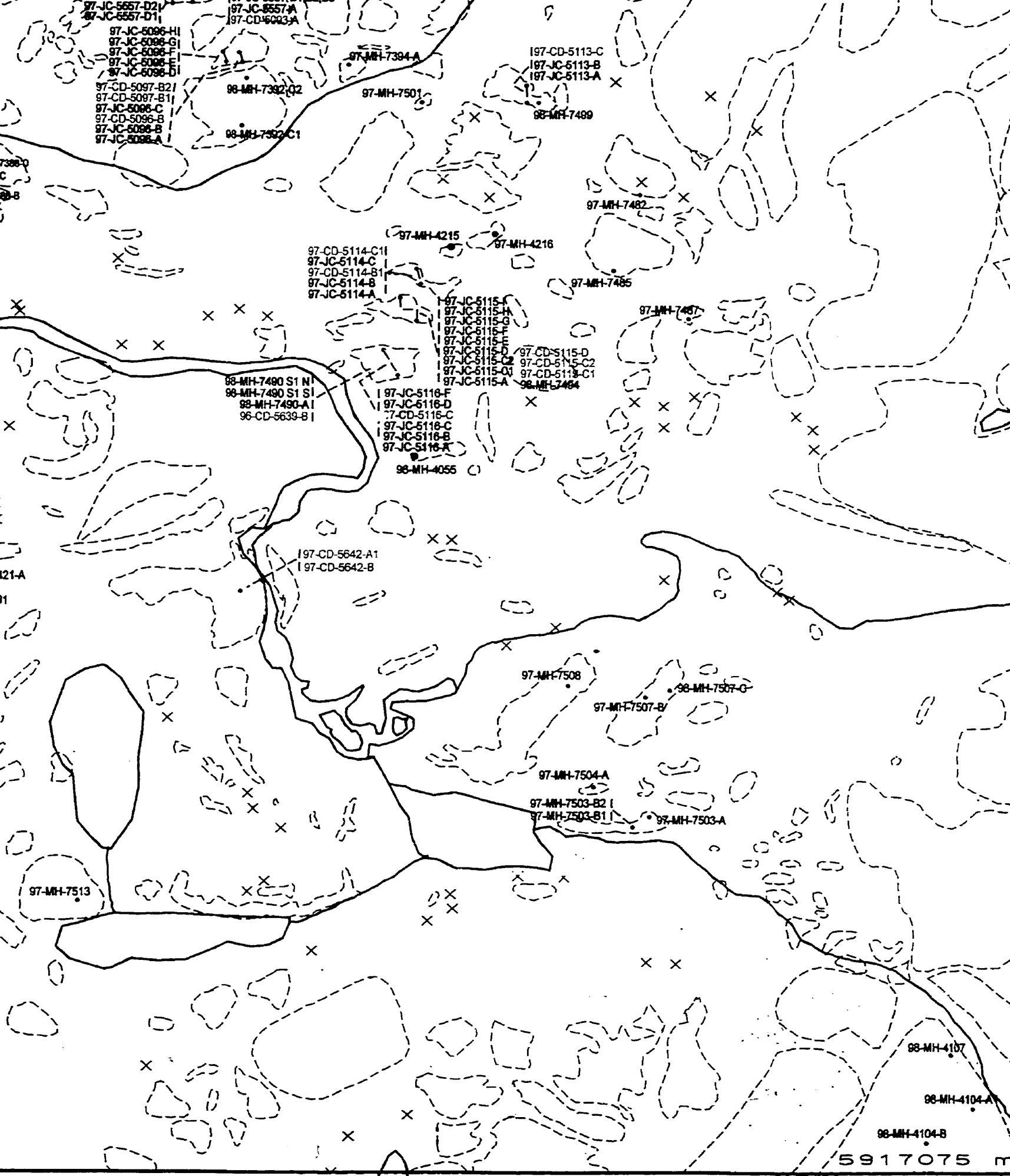
343760 m E

5917075 m N

000

lac Menarik





97-JC-5557-D2
97-JC-5557-D1
97-JC-5096-HI
97-JC-5096-GI
97-JC-5096-FI
97-JC-5096-EI
97-JC-5096-DI
97-CD-5097-B2I
97-CD-5097-B1I
97-JC-5096-C
97-CD-5096-B
97-JC-5096-B
97-JC-5096-A

97-JC-5557-A
97-CD-5093-A
98-MH-7392-C2
98-MH-7392-C1

97-MH-7394-A
97-MH-7501

97-CD-5113-C
97-JC-5113-B
97-JC-5113-A
98-MH-7499

97-CD-5114-C1I
97-JC-5114-C
97-CD-5114-B1
97-JC-5114-B
97-JC-5114-A

97-MH-4215
97-MH-4216

97-MH-7482
97-MH-7485

98-MH-7490 S1 N
98-MH-7490 S1 S
98-MH-7490-A1
96-CD-5639-B1

97-JC-5116-F
97-JC-5116-D
97-CD-5115-C
97-JC-5116-C
97-JC-5116-B
97-JC-5116-A
98-MH-4055

97-JC-5115-A
97-JC-5115-HA
97-JC-5115-G
97-JC-5115-F
97-JC-5115-E
97-JC-5115-D
97-JC-5115-C2
97-CD-5115-D
97-CD-5115-C2
97-CD-5113-C1
97-JC-5115-A
98-MH-7484

97-MH-7487

97-CD-5642-A1
97-CD-5642-B

97-MH-7508

98-MH-7507-G

97-MH-7507-B

97-MH-7504-A

97-MH-7503-B2 I
97-MH-7503-B1 I

97-MH-7503-A

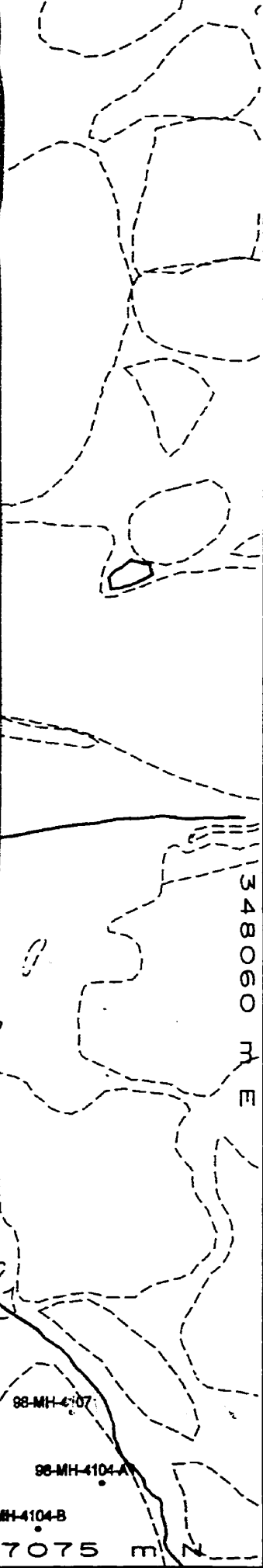
97-MH-7513

98-MH-4107

98-MH-4104-A

98-MH-4104-B

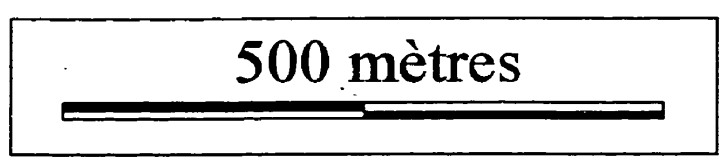
5917075 m



- même aménagement
- Section détaillée 97-MH-7371
- Section détaillée 97-MH-7374

- × Affleurements (MSc.)
- × Affleurements de compilation
- Aires d'affleurements (MSc.)
- Aires d'affleurements de compilation
- - - Ligne hydroélectrique
- ~ Cours d'eau

Feuillet SNRC 33F06



Cartographie: Michel Houlé, MSc., Université Laval, 2000.

Collaborateurs: Jean Goutier (MRNQ), Marie-Claude Ouellet (URSTM/MRNQ) et Mario Melançon (MRNQ).

Travaux réalisés à partir des cartes géologiques antérieures de Rivard (1984, MSc. McGill) et Pelletier (1990; 1995; Ressources minières Pro-Or)

Remerciements: Nous souhaitons souligner la collaboration de Ressources minières Pro-Or pour l'accessibilité à la propriété et l'accessibilité à leurs résultats.

NOTE TO USERS

Oversize maps and charts are microfilmed in sections in the following manner:

LEFT TO RIGHT, TOP TO BOTTOM, WITH SMALL OVERLAPS

This reproduction is the best copy available.

UMI[®]

5920760 m N

V3B

S2F

I3A

I1D

V3B

I1D

V3B

Um

I1D

V3B

I1D

V3B

73

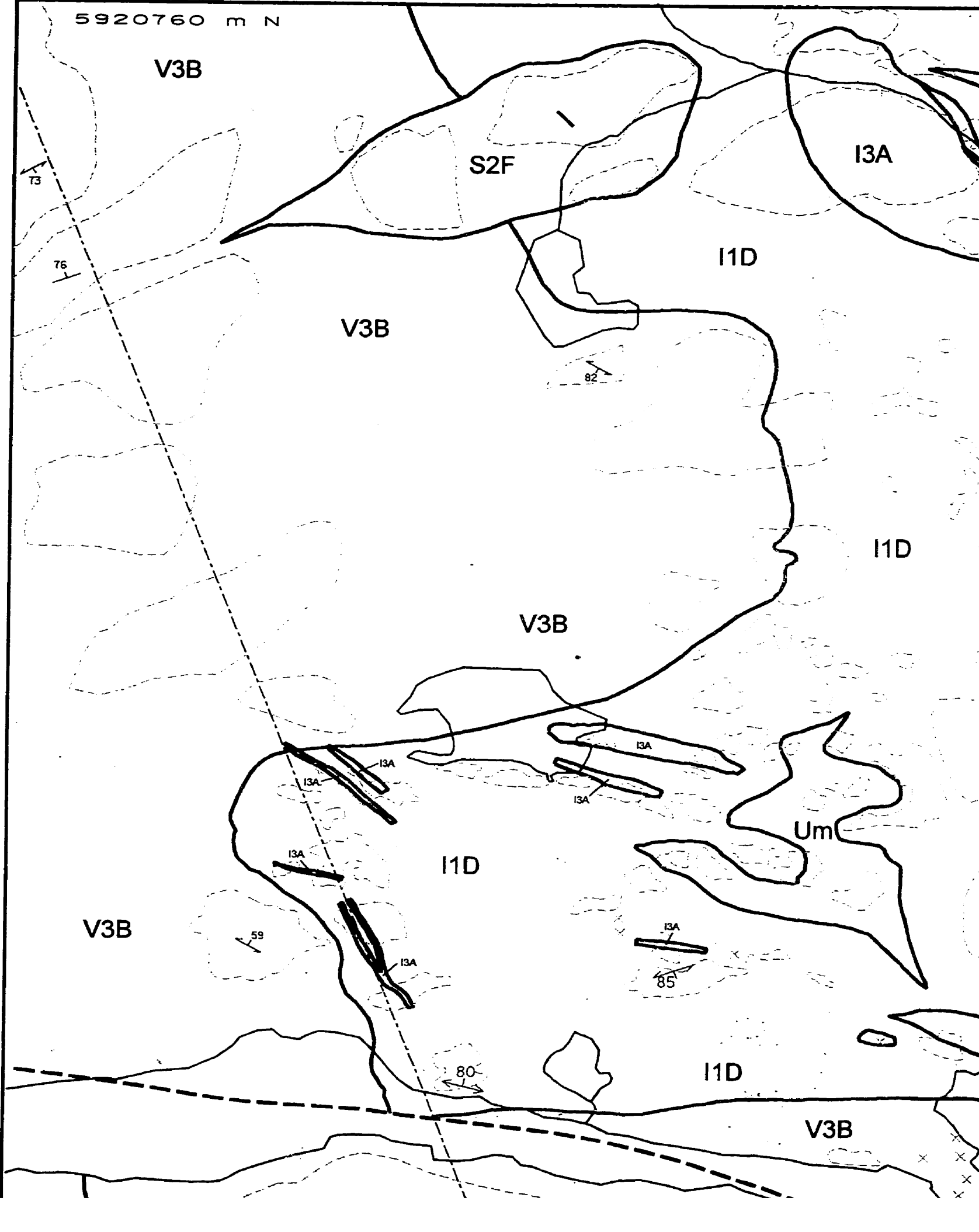
76

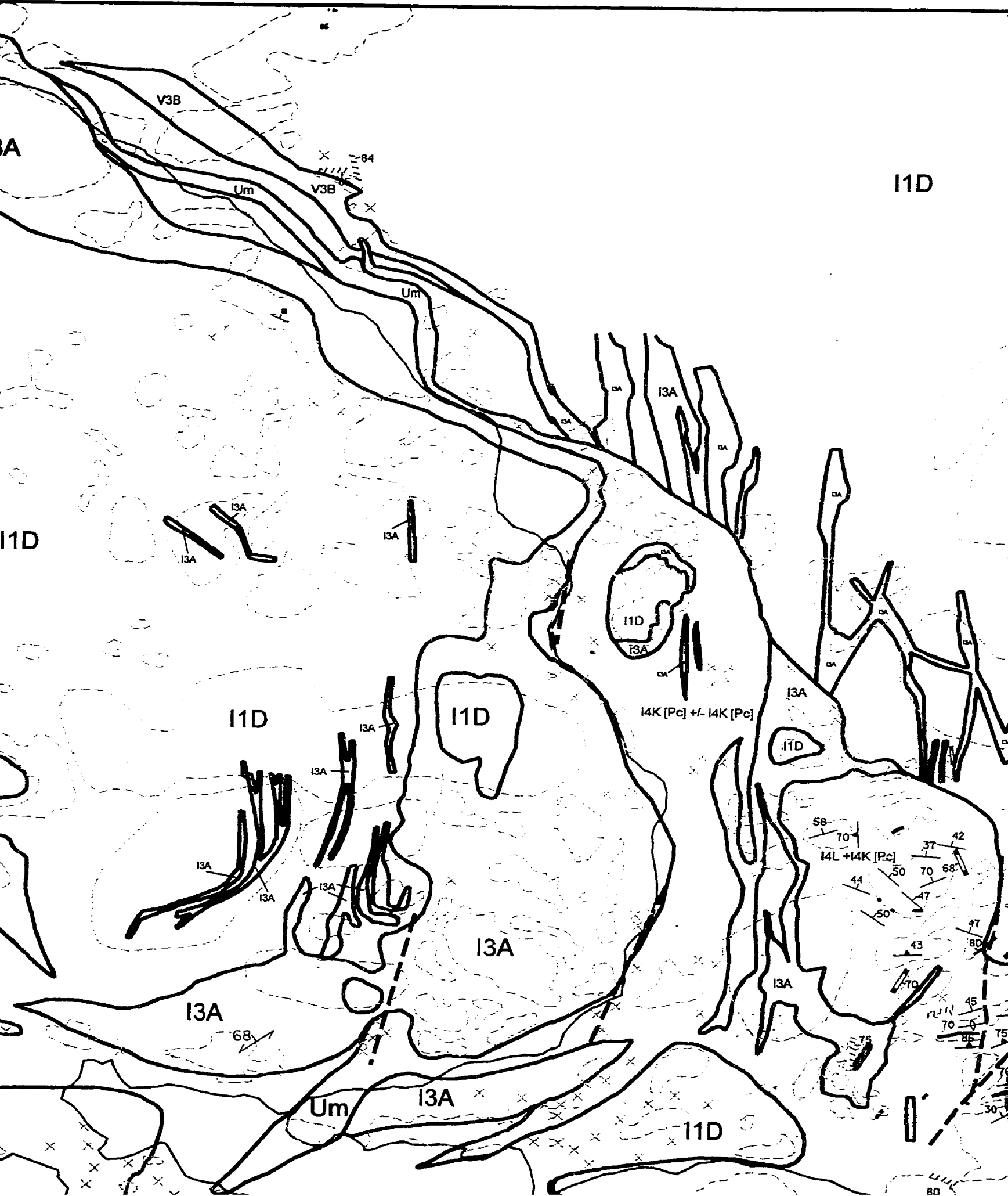
82

59

85

80





I1D

I1D

I1D

I1D

I1C

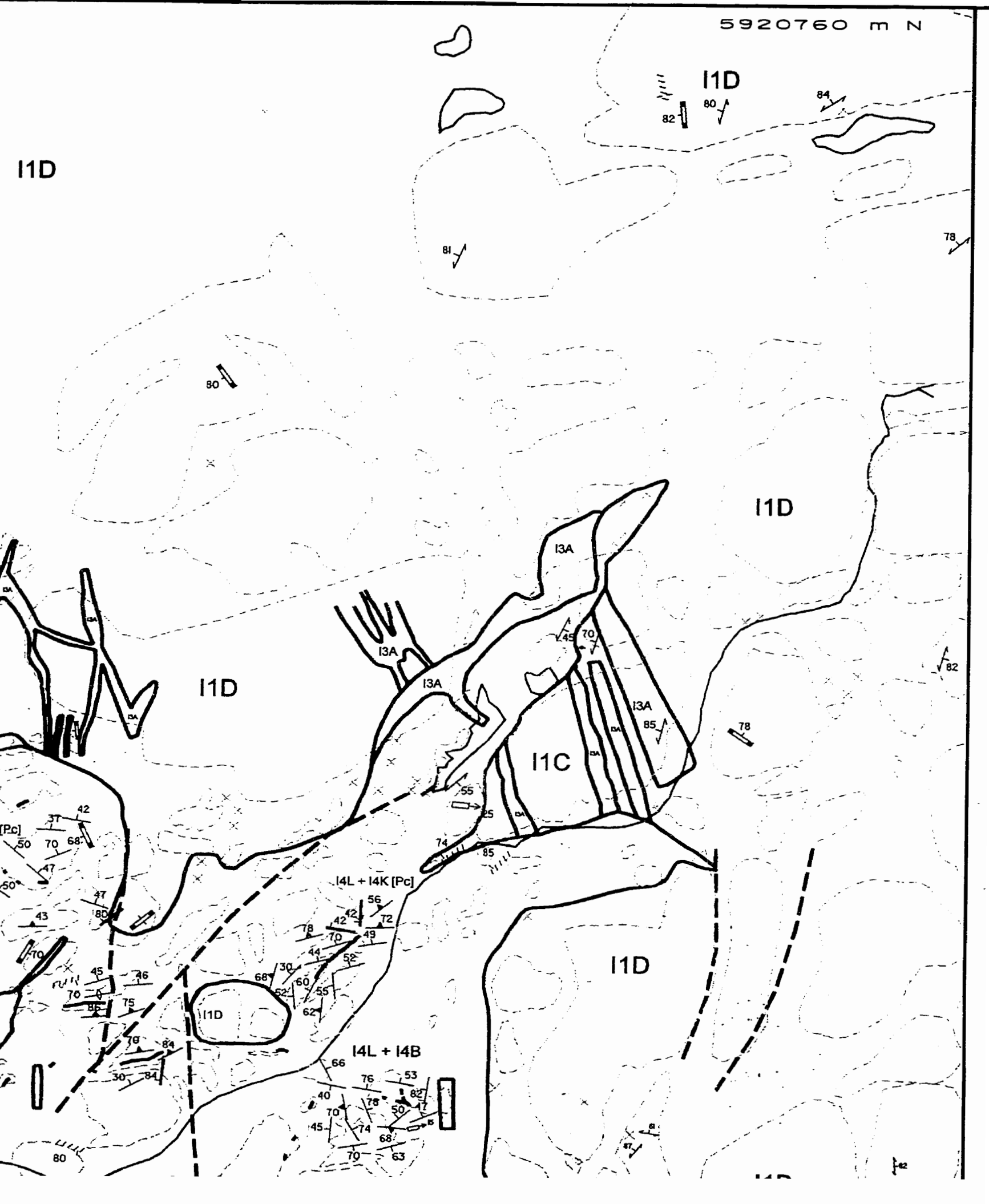
I1D

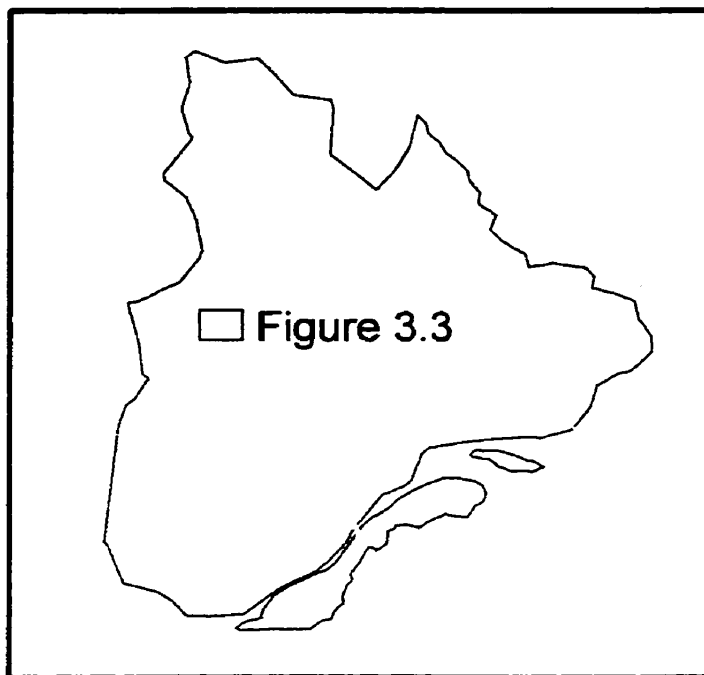
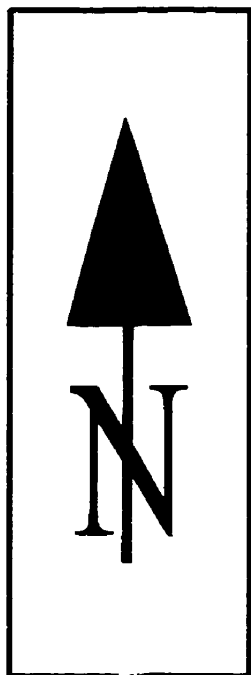
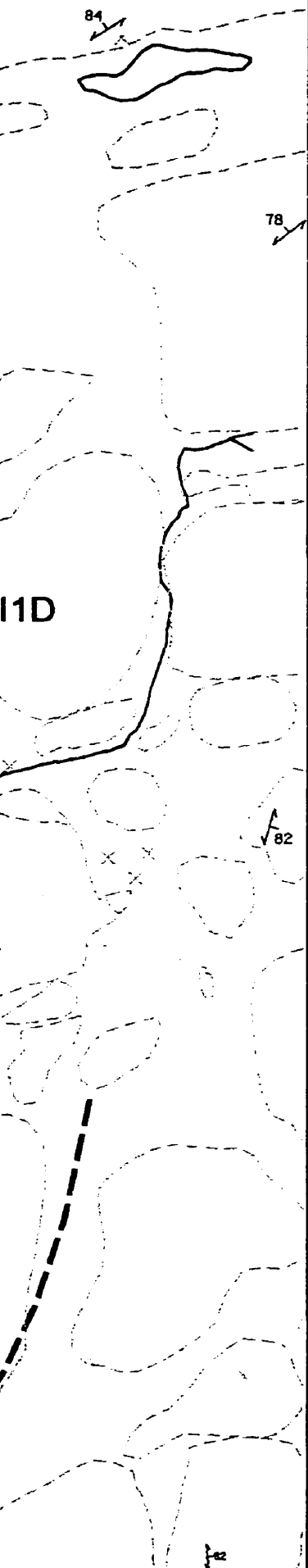
I4L + I4K [Pc]

I4L + I4B

I1D

[Pc]





Municipalité de la Baie-James, Région de LG-2, Québec

Complexe de Menarik

Figure 3.3 Carte géologique
(faciès lithologiques et données structurales).

UM = Roches ultramafiques

I4I = Péridotite

I4M = Dunite

I4L = Harzburgite

I4K = Lherzolite

I4B = Pyroxénite

I3A = Gabbro

V3B = Basalte

I1D = Tonalite

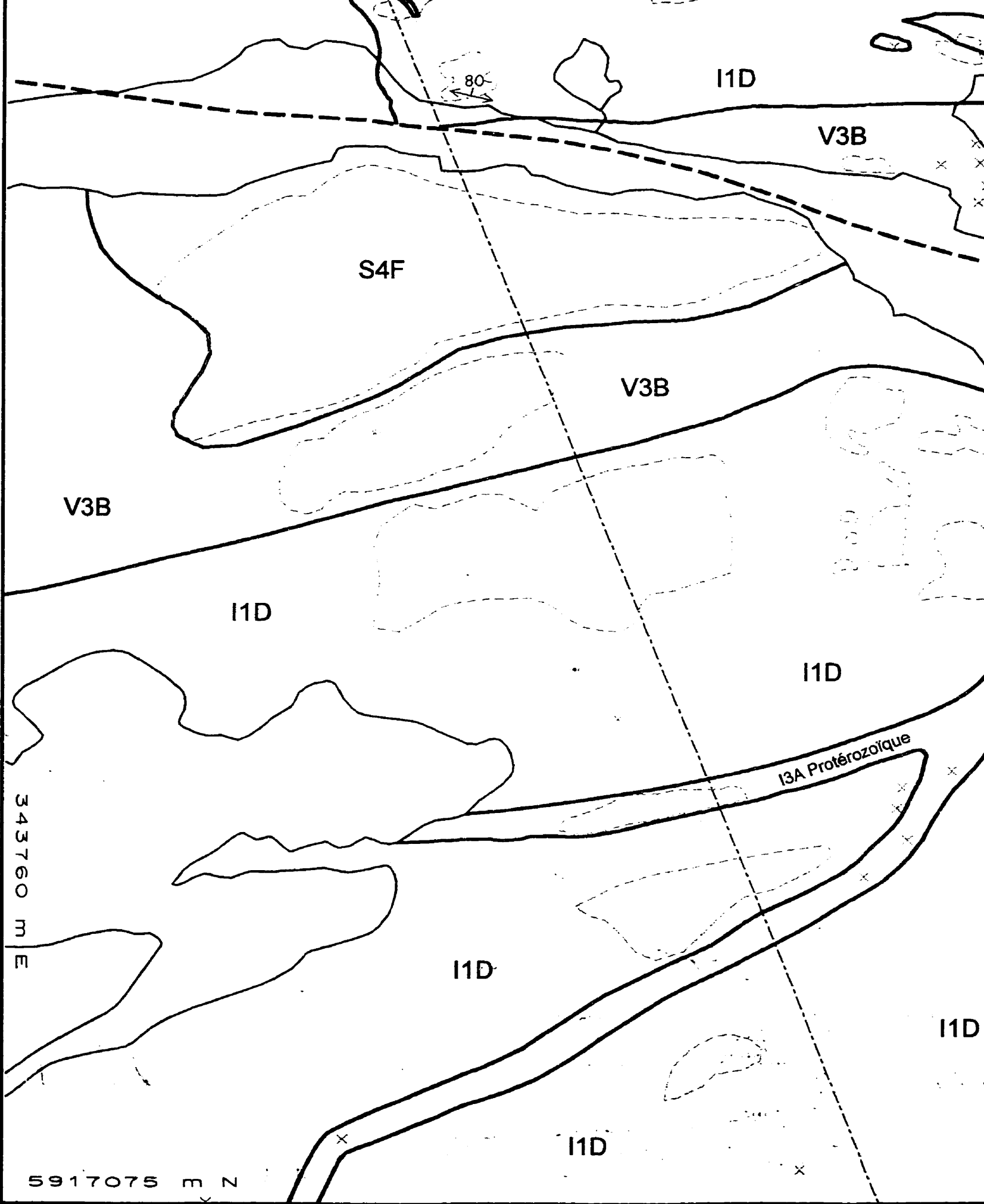
I1C = Granodiorite

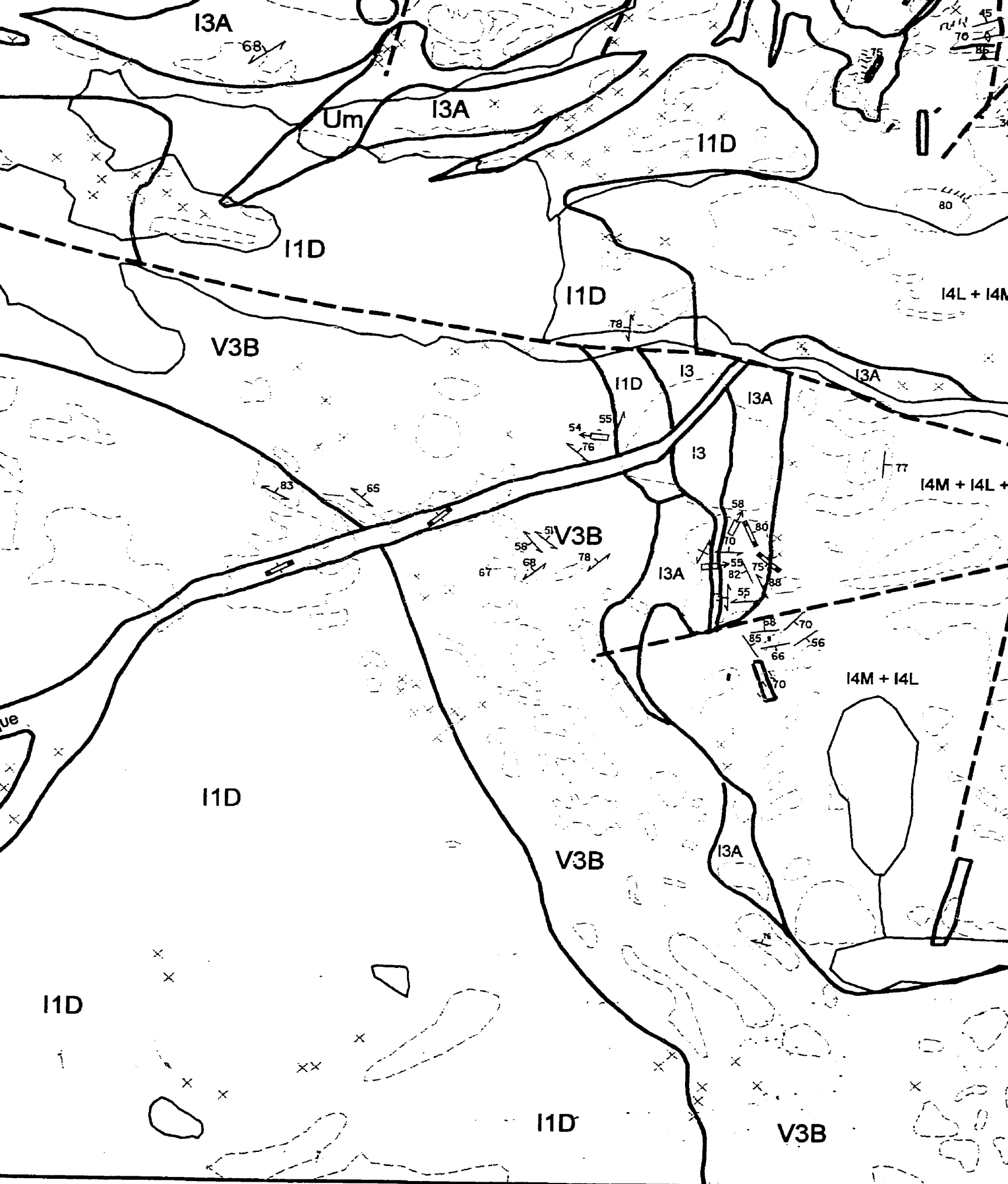
S4F = Conglomérat polygénique (matrix-supported).

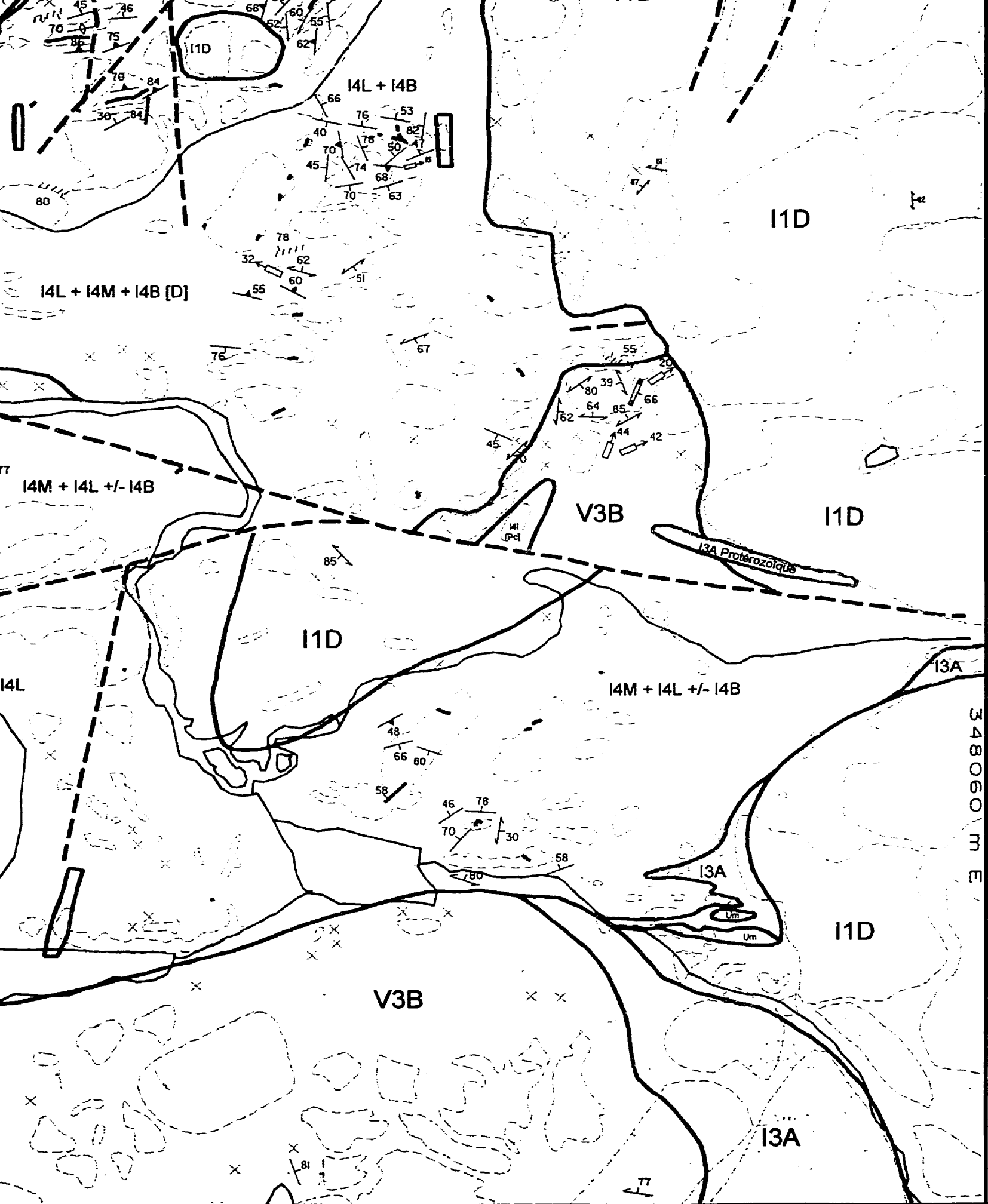
S2F = Sublitharénite

46 Litage magmatique

55 Foliation magmatique







I1C - Granodiorite

S4F = Conglomérat polygénique (matrix-supported)

S2F = Sublitharénite

I1D

12



Litage magmatique



Foliation magmatique



Schistosité



Linéation



Cisaillement



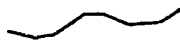
Faillle mineure



Dyke



Horizon de chromitite



Contact géologique



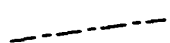
Faillle



Affleurements



Aires d'affleurements



Ligne hydroélectrique



Cours d'eau

I1D

12

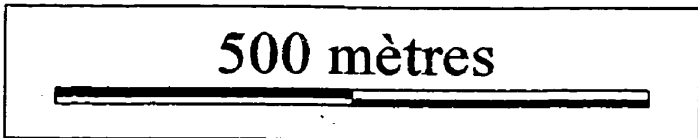
I3A

348060 E

I1D

A

Feuillet SNRC 33F06



500 mètres

Cartographie: Michel Houlé, MSc., Université Laval, 2000.

Collaborateurs: Jean Goutier (MRNQ), Marie-Claude Ouellet (URSTM/MRNQ) et Mario Melançon (MRNQ).

Travaux réalisés à partir des cartes géologiques antérieures de Rivard (1984, MSc. McGill)

et Pelletier (1990; 1995; Ressources minières Pro-Or)

Remerciements: Nous souhaitons souligner la collaboration de Ressources minières Pro-Or pour l'accessibilité à la propriété et l'accessibilité à leurs résultats.

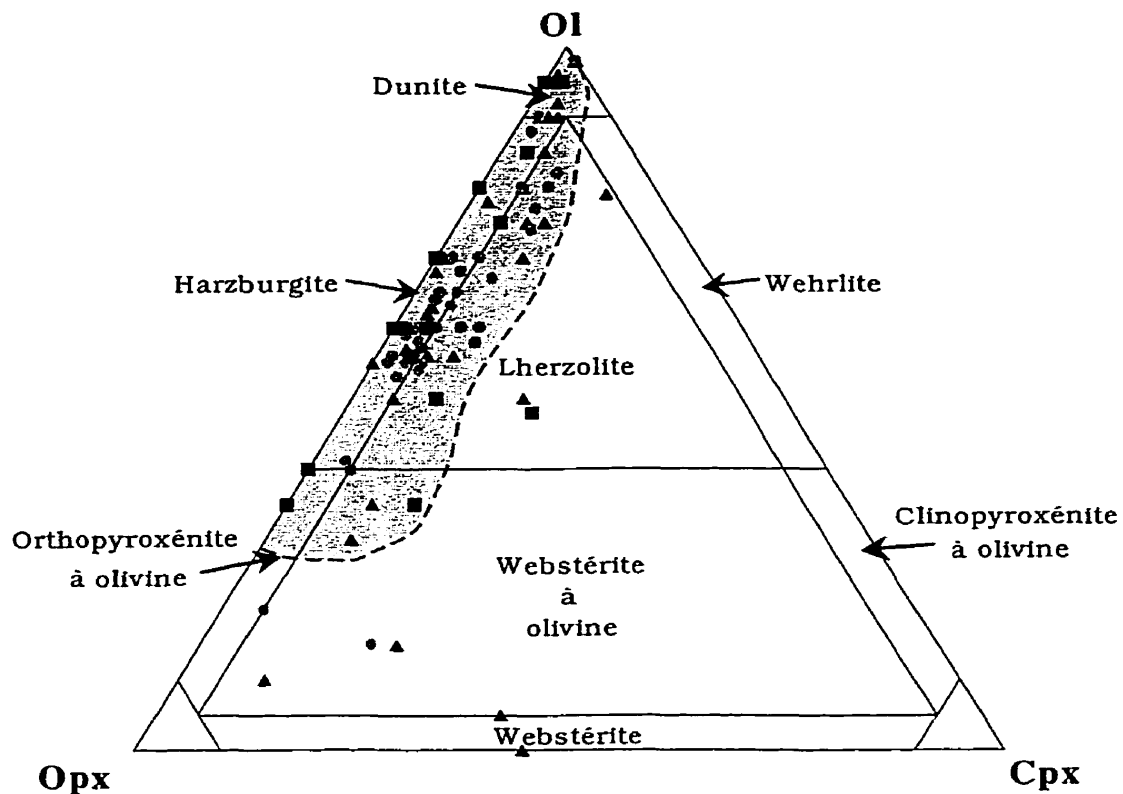


Figure 3.4 Projection de la composition modale en Opx + Cpx + Ol des roches ultramafiques du Complexe de Menarik. Dans le diagramme ternaire tiré de Streckeisen (1976). Carré : > 50 % de chromite, cercle entre 5 % et 50 % de chromite, triangle < 5 % de chromite. Le champ en gris représente 90 % des données disponibles.

Compte tenu de la serpentinisation de certains échantillons, il a été impossible d'évaluer la proportion modale des différentes phases silicatées contenues dans l'ensemble des échantillons. Pour ces échantillons, l'estimation de la proportion de minéraux normatifs a été utilisée bien qu'elle semble systématiquement surestimer la proportion d'orthopyroxène par rapport à l'estimation modale en lame mince. Lorsque les pseudomorphes sont préservés, l'estimation visuelle en lame mince de la proportion modale de l'Opx est toujours plus faible que la proportion d'Opx normatif calculée par la norme CIPW. Ces fortes proportions modales d'Opx pourraient résulter d'une silicification lors de l'altération (serpentinisation) des roches ultramafiques. Ce phénomène est fréquemment observé dans les roches mafiques et ultramafiques archéennes (comm. pers. M.R. Laflèche). De plus, il faut faire attention à l'estimation des proportions normatives

en clinopyroxène car cette estimation peut être faussée par la présence de carbonates. Les roches du CDM sont caractérisées par de faibles variations des minéraux silicatés. Cependant, ces petites variations reflètent quand même une grande variété de lithologies (dunite, harzburgite, lherzolite, orthopyroxénite à olivine, webstérite à olivine et webstérite) compte tenu que la composition de la majorité des échantillons s'aligne près de l'axe olivine-orthopyroxène. En effet, 90 % des données sont contenues dans la zone ombragée de la figure 3.4 qui limite la frontière entre les lherzolites et les harzburgites.

La terminologie utilisée pour décrire les roches ignées cumulatives est tirée de Wager et al. (1960) et d'Irvine (1982). Wager et al. (1960) ont proposé, pour la première fois, le terme « cumulat » pour désigner une roche magmatique s'étant formée suite à l'accumulation de cristaux extraits d'un magma lors de son refroidissement. Auparavant, le terme « roche accumulative » était utilisé (Bowen, 1928). La nomenclature de Wager et al. (1960) fait appel à la notion de cristaux cumulus et de matériel postcumulus. Selon Wager et al. (1960), les cristaux cumulus sont séparés du magma et le matériel postcumulus correspond au liquide interstitiel piégé dans cette trame cristalline (créée lors de l'accumulation de cristaux de type cumulus). À partir de cette nomenclature, Wager et al. (1960) ont suggéré une multitude de textures avec une signification génétique (orthocumulat, mésocumulat, adcumulat, hétéradcumulat et crescumulat) découlant de mécanismes de formation particuliers. La terminologie des cumulats a été redéfinie par Irvine (1982) en utilisant les textures cumulatives uniquement de façon descriptive et non pas en les reliant à des processus d'accumulation. Dans son article, Irvine (1982) fait intervenir les mêmes notions de cristaux cumulus (cristaux plus ou moins idiomorphes formés dans un premier stade de cristallisation fractionnée) et de cristaux postcumulus (cristaux plus ou moins xénomorphes formés par le remplissage des espaces interstitiels). Selon Irvine (1982), les différents types de cumulats peuvent être distingués en fonction du volume de matériel postcumulus ce qui facilite la description des roches cumulatives (Tableau 3.2).

Tableau 3.2 Classification des roches cumulatives selon la nomenclature de Irvine (1982).

Roches cumulatives	Volume de matériel postcumulus
Orthocumulats	25-50 %
Mesocumulats	7-25 %
Adcumulats	0-7 %

Pour décrire les différentes lithologies dans ce chapitre, les roches sont regroupées en deux grands groupes, les roches mafiques et les roches ultramafiques. À l'intérieur de ces unités lithologiques, il est possible de distinguer des roches qui appartiennent au Complexe de Menarik et d'autres qui n'y sont probablement pas associées. De cette façon, le Complexe de Menarik est divisé en deux zones principales : la Zone Mafique (ZM) et la Zone Ultramafique (ZU). La Zone Mafique est composée essentiellement de roches gabbroïques qui représentent environ 25 % du volume de l'intrusion. La Zone Ultramafique consiste en des unités de cumulats lités ultramafiques qui représentent environ 75 % du volume de l'intrusion.

3.2 Les roches mafiques

Les roches mafiques, identifiées dans la région du Menarik, sont divisées en deux groupes distincts, soit les roches gabbroïques de la ZM et les dykes gabbroïques qui recourent le CDM.

3.2.1 Les roches gabbroïques de la ZM

Cette unité est constituée de roches gabbroïques qui affleurent en périphérie de l'intrusion ultramafique sous la forme de grosses masses de plusieurs centaines de mètres de diamètre. Elles se retrouvent aussi bien au pourtour du bloc sud que du bloc nord. Ces masses intrusives présentent une foliation et une linéation minérale héritée de la déformation régionale. Des veines centimétriques de quartz-plagioclase, avec une bordure réactionnelle de chlorite verte foncé de 1 à 2 cm, sont

présentes dans le gabbro (Figure 3.5). Dans la partie SE de l'intrusion, des dykes de pyroxénite verte foncé recoupent ce gabbro. Localement, ces pyroxénites peuvent contenir des enclaves du gabbro encaissant de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres de diamètre. Sur l'affleurement 97-MH-7421, on observe également la présence d'un litage compositionnel d'origine magmatique. Sur cet affleurement, le litage compositionnel semble tronqué par un litage sus-jacent suggérant des perturbations lors de leur formation.

Les roches gabbroïques sont principalement à grain moyen (2-3 mm), et par endroits à grain fin (< 1 mm). Localement des zones de gabbro pegmatitique (Figure 3.6), avec des amphiboles aciculaires vertes de quelques centimètres de longueur, peuvent être observées dans la plupart des masses plutoniques. La patine est vert foncé, conséquence de la présence d'une forte proportion d'amphiboles, et blanche résultant de la préservation des plagioclases. En cassure fraîche, la couleur est sensiblement la même bien que souvent elle soit légèrement plus foncée. Dans ces roches, la proportion de plagioclase varie entre 45 à 55 % comparativement à 25 et 45 % pour les minéraux ferromagnésiens.

Microscopiquement, ces roches gabbroïques sont constituées essentiellement de l'actinote, de la chlorite, de l'épidote et d'argile. La mâcle polysynthétique typique du plagioclase n'a jamais pu être observée à cause de l'altération importante de cette phase minérale en argile. Toutefois, la couleur brunâtre du plagioclase permet de l'identifier facilement. Par contre, l'amphibole est très bien préservée. Elle montre des clivages à 120° et possède un pléochroïsme vert foncé à vert pâle. L'actinote est interstitielle et tend à mouler les bordures des plagioclases. La texture panidiomorphe à hypidiomorphe est une texture ignée particulièrement bien préservée dans les gabbros. Dans ces roches, le plagioclase est en petits bâtonnets idiomorphes et les pyroxènes sont subidiomorphes. D'après le calcul des minéraux normatifs, on peut supposer la présence des deux types de pyroxènes (Cpx, Opx) et probablement d'olivine qui laisse suggérer que ces gabbros seraient plutôt des gabbronorites et des gabbronorites à olivine. Compte tenu des incertitudes liées à la pétrographie de cette unité, la terminologie de gabbro sera conservé dans le cadre de ce mémoire.

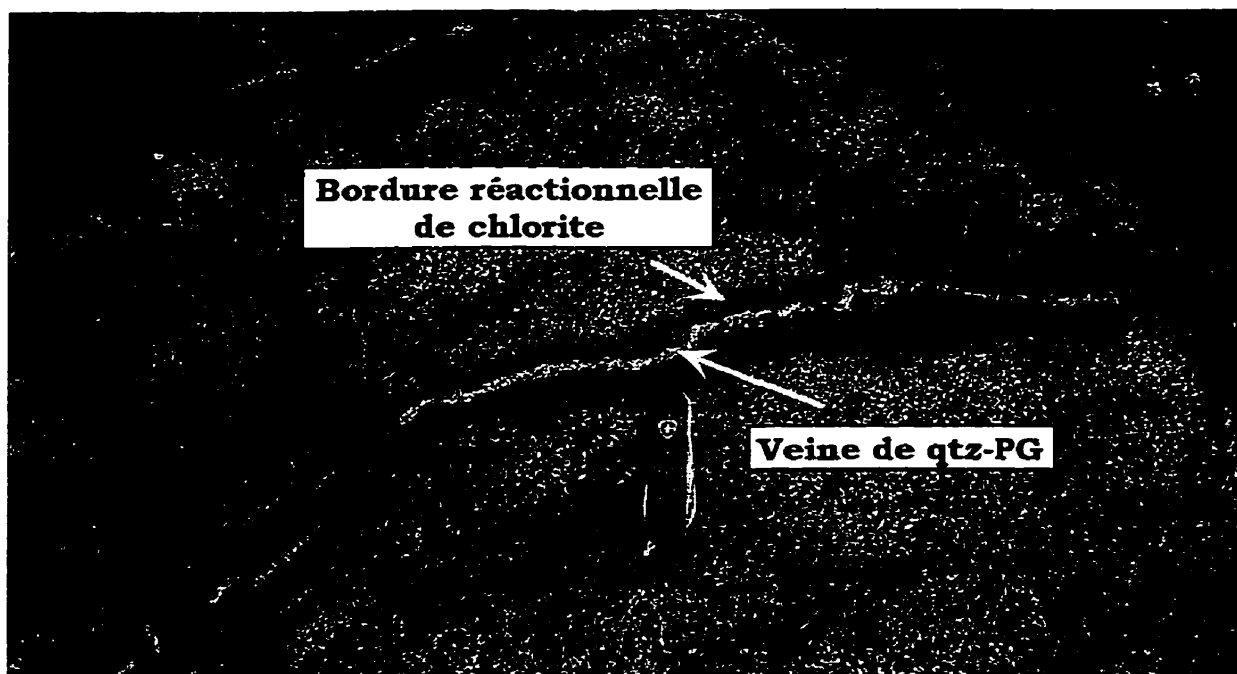


Figure 3.5 Veine de quartz-plagioclase avec une bordure réactionnelle de chlorite dans un gabbro à grain fin (Affl. 98-MH-4104)

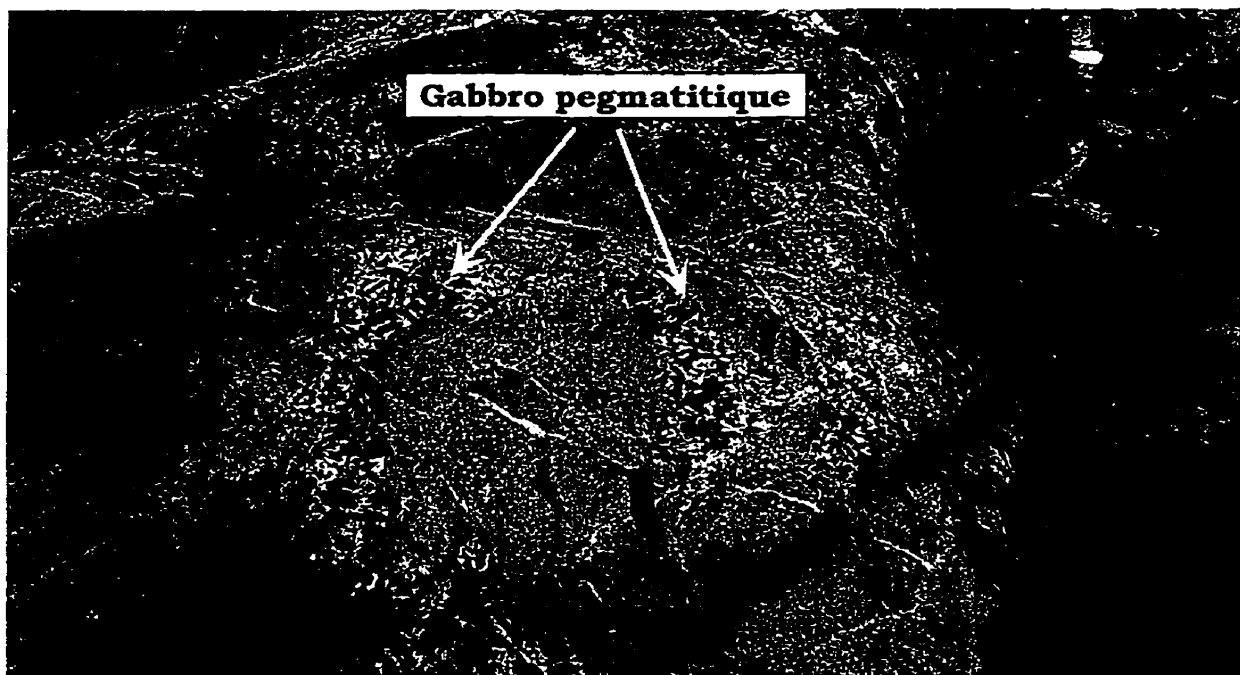


Figure 3.6 Zone de gabbro pegmatitique dans un gabbro à grain fin. Les amphiboles aciculaires ont de 1 à 4 cm de longueur pour le gabbro pegmatitique comparativement à seulement 2 à 3 mm pour le gabbro à grain moyen (Affl. 98-MH-4104).

3.2.2 Les dykes gabbroïques

Les dykes de gabbro sont injectés aussi bien dans les roches ultramafiques du CDM que dans la tonalite encaissante. Dans le secteur N-NE de l'intrusion, la tonalite de Duncan est recoupée par une multitude de dykes gabbroïques d'orientation NNE et NNO. Les dykes gabbroïques sont observés dans tout l'intrusion ultramafique. Dans le bloc sud, les dykes observés sont beaucoup moins épais et représentent un volume beaucoup moins important dans le bloc nord. Seuls quelques dykes (métriques) ont été répertoriés dans le sud comparativement à plusieurs dykes métriques à décamétriques dans le bloc nord. À proximité du contact supérieur entre la péridotite et la tonalite, on observe une interconnection entre les dykes de gabbros et des sills gabbroïques qui s'injectent sub-parallèlement au contact entre la roche encaissante et le CDM (97-MH-7463 et 97-MH-7419).

Dépendant de l'épaisseur, les dykes gabbroïques sont à granulométrie fine (< 1 mm) à moyenne (2-3 mm). Cette caractéristique est probablement liée au taux de refroidissement et à la température de la roche encaissante. Cependant, certains dykes recoupant la tonalite sont relativement grenus considérant leur faible épaisseur. La patine des gabbros est vert foncé et blanche causée probablement par l'amphibolitisation et l'albitisation des minéraux primaires respectivement. En cassure fraîche, la couleur est sensiblement la même bien que souvent elle soit légèrement plus foncée. La proportion de plagioclase varie de 45 à 55 % comparativement à 35 et 55 % pour les pyroxènes (où le Cpx > Opx) et de 5 à 8 % pour l'olivine. La présence du Cpx et d'Opx est fortement suggérée par le calcul de la composition en minéraux normatifs de la roche compte tenu que les pyroxènes sont complètement amphibolitisés. Ces injections de gabbros ne présentent aucun signe de la déformation régionale. Une bordure de trempe est visible sur quelques millimètres pour les dykes les moins épais et peut atteindre plusieurs centimètres lorsque la puissance est plus importante.

Microscopiquement, la minéralogie de cette unité est identique à celle des roches gabbroïques de la ZM. Les dykes sont constitués d'amphibole (essentiellement de l'actinote), de chlorite, d'épidote et d'argile. Une fois de plus,

aucune mâcle n'est présente et c'est la couleur brunâtre du plagioclase qui permet de l'identifier facilement. L'actinote est très bien préservée, elle montre des clivages à 120° et possède un pléochroïsme variable allant de vert foncé à vert pâle. L'amphibole est interstitielle et tend à englober les cristaux de plagioclase. La texture observée est typique des roches filoniennes gabbroïques, soit la texture intersertale ophitique à sub-ophitique.

3.3 Les roches ultramafiques

Les roches ultramafiques dans la région du Menarik sont divisées en deux groupes, soit les roches ultramafiques de la ZU et les dykes ultramafiques qui recoupent la ZM et la ZU.

3.3.1 La Zone Ultramafique (ZU)

Le CDM est séparé en trois secteurs définis par une lithologie prédominante par rapport aux autres lithologies: le secteur sud, le secteur central et le secteur nord. Le secteur sud correspond aux roches qui se retrouvent au sud de la faille majeure ESE (Figure 3.1) et se compose de dunites et de harzburgites (riches en olivine). Le secteur central correspond aux roches au nord de la faille majeure et au nord des boutons de tonalite. Ce secteur est constitué essentiellement de harzburgites, de dunites et de webstérites à olivine. Le secteur nord commence à la limite du secteur central et se termine à la limite nord de l'intrusion. Les harzburgites poecilitiques et les lherzolites poecilitiques sont les lithologies dominantes de cette région.

3.3.1.1 Les chromitites

Cette unité est constituée principalement de chromitites ($\geq 90\%$ de chromite) et de chromitites à silicate ($50\% \leq \text{Chro} \leq 90\%$). Elle se retrouve seulement dans la ZU aussi bien dans le bloc nord que dans le bloc sud où elle alterne généralement avec des péridotites et/ou des péridotites à chromite.

Dépendant de la proportion de silicates dans l'unité, les chromitites présentent des surfaces lisses ou légèrement en relief positif. La patine de ces roches est noire pour les chromitites et noire tachetée de brun orangé, blanche ou violacée pour les chromitites à silicate. Les différentes couleurs observées résultent de la présence de minéraux métamorphiques qui sont respectivement brun orangé pour les silicates serpentinisés, blanc pour la trémolite et violacée pour la chlorite chromifère. La texture anti-nodulaire ou en léopard est généralement très caractéristique des chromitites à silicate ou des péridotites à chromite. La couleur, en cassure fraîche, est également noire et sur une plaque de porcelaine, le trait varie de brun (chromite) à noir (magnétite). La variabilité du trait est causée par le remplacement de la chromite par la ferritchromite. Les chromitites (Figure 3.7) et les chromitites à silicate (Figure 3.8) sont habituellement très finement grenues (< 1 mm) mais peuvent aussi être moyennement grenues (1-2 mm). La variété des chromitites à granulométrie plus grossière est observée uniquement dans la partie SO du secteur sud de la ZU (au sud de la rivière Menarik). Les chromitites sont des roches massives et homogènes. Le cas des chromitites à silicate est légèrement différent. En fait, d'après des critères structuraux, les chromitites silicate peuvent être séparées en deux groupes : les chromitites à silicate à cumulat et les chromitites à silicate à nodules. Le type à cumulat se caractérise par la présence de roches massives et homogènes comme les chromitites tandis que le type à nodule est caractérisé par la présence de nodules de silicates allongés de dimensions très variables (de mm à cm). La distinction entre ces deux types est la suivante : le type à cumulat est une roche où des cumulats de silicates (olivine, pyroxène) baignent dans une matrice de chromite tandis que le type à nodule est représenté par des glomérocristaux (Ol + Ol, Ol + Px, Px + Px) qui baignent également dans une matrice de chromite.

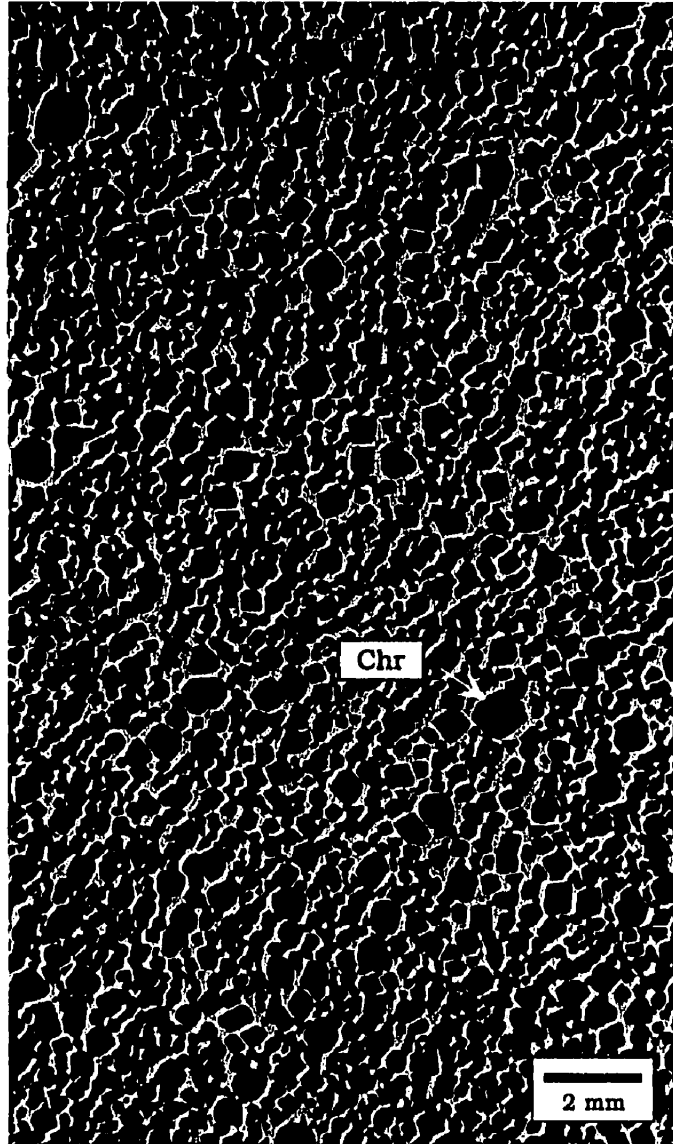


Figure 3.7 Texture granulaire d'une chromitite du CDM. La chromite est idiomorphe et les minéraux interstitiels sont la serpentine et la chlorite (LM 96-CD-5115-C1).

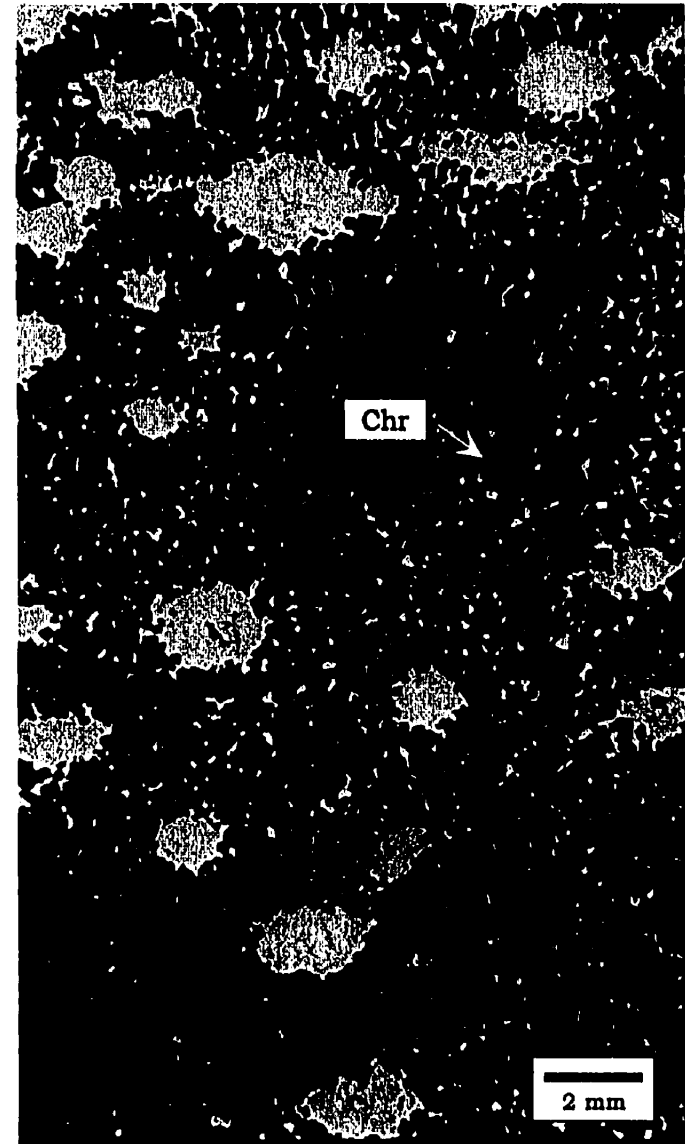


Figure 3.8 Texture anti-nodulaire d'une chromitite à olivine du CDM. Le matériel silicaté interstitiel est moins abondant en raison de la coalescence des grains de chromite (LM 96-CD-5113-A).

La minéralogie de cette unité est principalement constituée de chromite. Les autres minéraux sont la serpentine, la chlorite et la trémolite. La chromite, généralement très finement grenue ($\ll 1$ mm), présente toujours une texture idiomorphe. Par contre, des chromitites et des chromitites à silicate grenues (~1 mm) ont pu être observées sur certains affleurements (Affl. 97-MH-7503 et 97-MH-7504).

Il est très difficile d'observer la forme cristallographique octaédrique de la chromite à l'œil nu. Certains échantillons montrent une granulométrie variable de la chromite. Dans ces échantillons, la majorité des grains de chromite varient de 0,1 à 0,4 mm de diamètre. Cependant, ceux-ci possèdent également des chromites d'un diamètre d'environ 1 mm. L'oxydation de la chromite se traduit par la formation de ferritchromite et de magnétite entraînant ainsi un début de coalescence des grains. La coalescence peut être si avancée, qu'en lame mince (Figure 3.7), les grains d'oxydes peuvent être tous soudés les uns aux autres.

Les roches ultramafiques contiennent plusieurs types de minéralisations. Dans ces intrusions, les concentrations métallifères sont principalement constituées de chrome, de titane, de vanadium, de nickel, de cuivre, de cobalt et des éléments du groupe du platine (ÉGP). Le Complexe de Menarik fait partie de ces intrusions litées minéralisées. Dans le CDM, la minéralisation magmatique dominante est de type Cr-ÉGP. Ces zones minéralisées forment des horizons enrichis en chromite et en éléments du groupe du platine (ÉGP). Ces dernières sont distribuées à travers toute l'intrusion du CDM. La cartographie de l'intrusion a permis d'identifier trois principaux faciès d'accumulation de la chromite dans l'intrusion.

Faciès I

Le Faciès I est composé d'une chromitite ou d'une chromitite à silicate en lits massifs (Figure 3.9). La proportion de chromite contenue dans ce faciès minéralisé est supérieure à 50 %. La puissance des horizons riches en chromites varie de quelques centimètres à plusieurs décimètres. La puissance maximale est d'environ 1 mètre. L'extension latérale maximale, observée en affleurement, est d'environ 90 mètres (Affl. 97-MH-7374).

Faciès II

Le Faciès II est composé d'une harzburgite, d'une dunite ou plus rarement d'une lherzolite à chromite en banc plus ou moins homogène (Figure 3.10). La proportion de chromites contenue dans ce faciès se situe entre 5 et 50 %. La puissance des horizons de dunite ou de harzburgite à chromite varie de quelques centimètres (~5 cm) à plusieurs décimètres. Cependant, la puissance maximale est d'environ 1 mètre. L'extension latérale est généralement d'une dizaine de mètres mais peut localement atteindre 45 à 50 mètres (97-MH-7372 et 97-MH-7374).

Faciès III

Le Faciès III est composé d'une harzburgite (et/ou d'une harzburgite à chromite) ou d'une dunite (et/ou d'une dunite à chromite) en alternance rythmique avec une chromitite ou une chromitite à silicate (Figures 3.11 et 3.12). Dans ce faciès, la proportion de chromite est très variable mais toujours supérieure à 50 %. La puissance des horizons riches en chromitites rythmiques est généralement très faible, de l'ordre de quelques centimètres et excédant rarement plus de 10 centimètres. L'épaisseur de la séquence rythmique varie de quelques décimètres (> 5 dm) à 2 mètres. Comparativement aux faciès I et II, l'extension latérale de ces séquences rythmiques est moindre et elle ne dépasse généralement pas une dizaine de mètres.

Les faciès minéralisés peuvent localement être observés en association. La figure 3.13 illustre l'association du faciès I et III dans un même horizon de chromite. Cette association des différents faciès (I et III) a été observée sur plusieurs affleurements. La relation stratigraphique entre les différents faciès est toujours la même, soit le Faciès III à la base (au sud), représenté par une chromitite à silicate (type à cumulats) et une chromitite surmontée du Faciès I représenté par une chromitite et avec, au sommet (au nord), la chromitite à silicate (type à nodule) du Faciès I.



Figure 3.9 Lit de chromitite contenant plus de 90 % de chromite (Faciès I). Notez la présence d'une enclave de dunite dans l'horizon de chromitite (Affl. 97-MH- 7502).

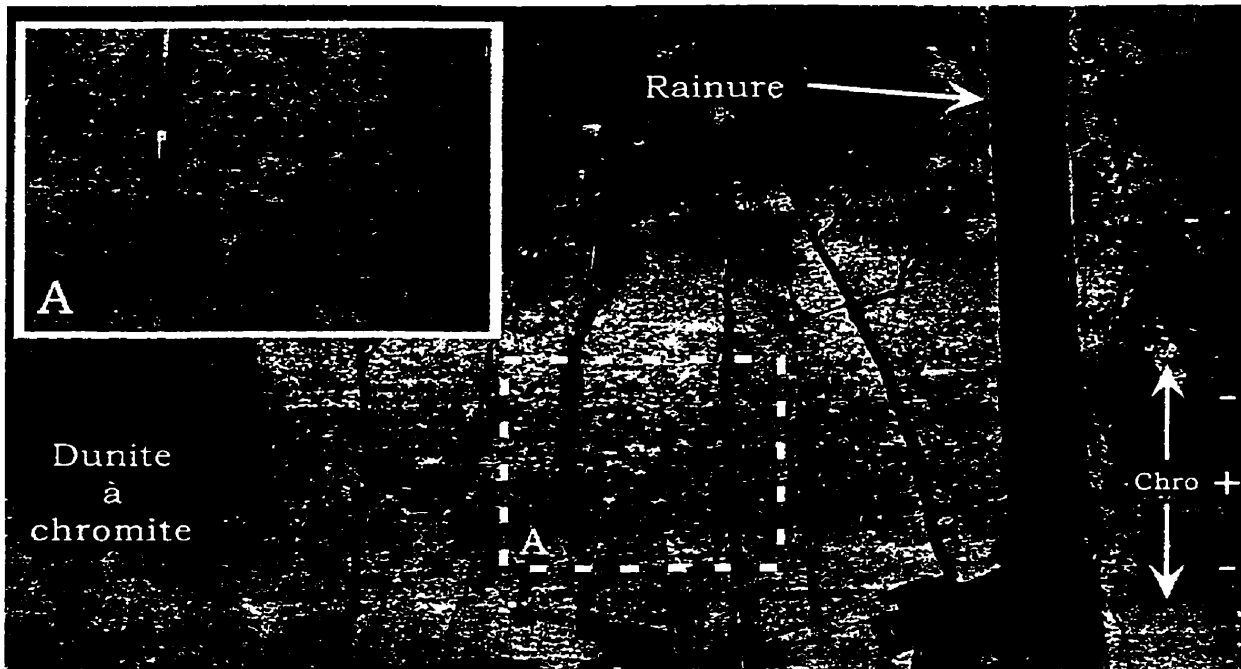


Figure 3.10 Dunite à chromite (Faciès II) caractérisée par des proportions variables de chromite. La proportion de chromite est maximum au milieu de l'horizon et diminue de chaque côté pour devenir éventuellement une dunite avec moins de 5 % de chromite (Affl. 97-MH- 7502).

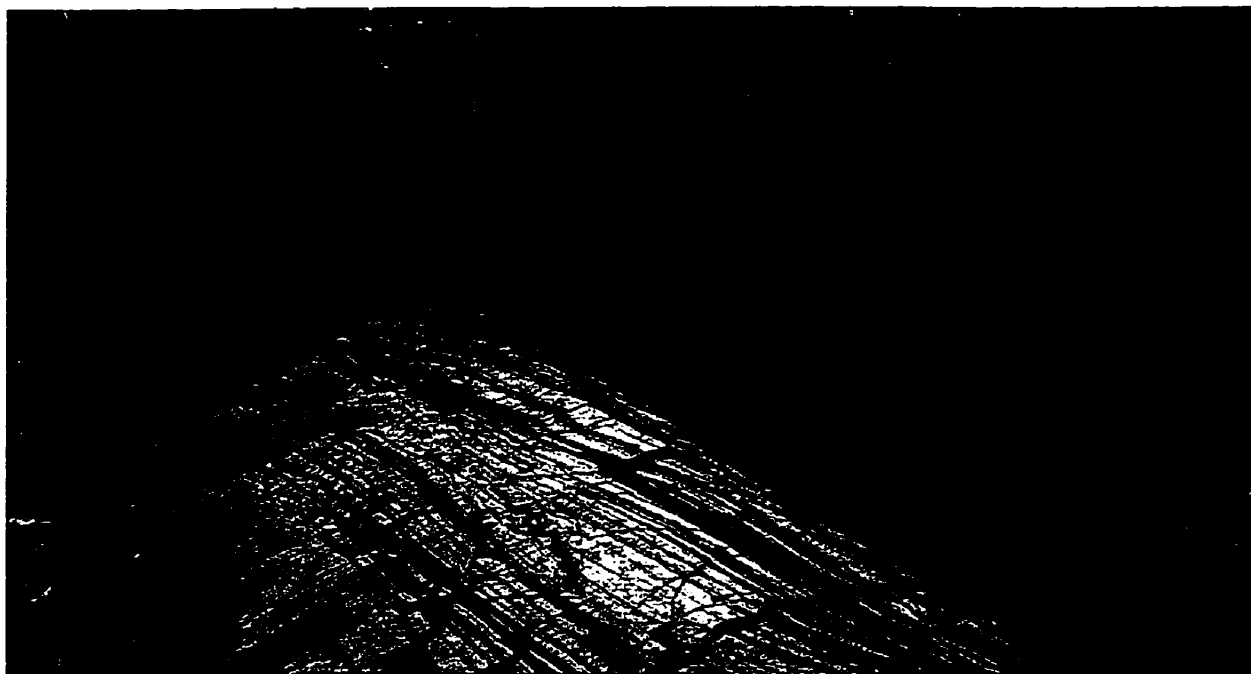


Figure 3.11 Alternance de lits de chromitite, contenant plus de 90 % de chromite, avec des horizons de harzburgites du Faciès III (Affl. 97-MH- 7371).



Figure 3.12 Alternance de lits de chromitite à silicate contenant entre 50 % et 90 % de chromite, avec des harzburgites (et des webstérites à olivine) du Faciès III (Affl. 97-MH- 7371).



Figure 3.13 Horizon de chromitite montrant le Faciès III à la base surmonté du Faciès I cumulat et du Faciès I à nodules au sommet (Affil. 97-MH-7384).

3.3.1.2 Les péridotites à chromite

Les péridotites à chromite contiennent entre 5 et 50 % de chromite. Les péridotites à chromite du Complexe de Menarik comprennent des dunites à chromite (Du à chro), des harzburgites à chromite (Harzb à chro) et des lherzolites à chromite (Lherz à chro). Ces lithologies sont présentes dans toute la ZU selon les proportions suivantes :

Harzb à chro >> Du à chro >>> Lherz à chro

Les péridotites riches en chromite (> 15 % de chromite) sont généralement associées à des horizons de chromitites ou de chromitites à silicate tandis que celles qui possèdent moins de 15 % de chromite sont observées indépendamment de la présence de niveau enrichi en chromite. Les péridotites à chromite sont à granulométrie moyenne (1-4 mm) bien que la chromite est très finement grenue (<< 1 mm). La patine de ces roches est orangée, ce qui est caractéristique de ces roches riches en olivine.

Les **dunites à chromite** massives sont des cumulats à granulométrie moyenne (1-2 mm) caractérisés par une texture adcumulus. L'olivine (45 à 90 %), la chromite (6 à 45 %) et l'orthopyroxène (2 à 8 %) constituent les phases cumulus tandis que le clinopyroxène (0 à 2 %) est interstitiel et remplacé par la chlorite et la calcite.

Les **harzburgites à chromite** massives sont des cumulats à granulométrie moyenne (1-3 mm) caractérisés par une texture adcumulus à mésocumulus. Généralement, les harzburgites ne possèdent pas plus de 8 à 10 % de phases interstitielles (matériel postcumulus). L'olivine (22 à 70 %), la chromite (6 à 45 %) et l'orthopyroxène (6 à 40 %) constituent les phases cumulus tandis que le clinopyroxène (1 à 5 %) est interstitiel.

Les **lherzolites à chromite** massives sont des cumulats à granulométrie moyenne (2-4 mm) caractérisés par une texture mésocumulus. L'olivine (38 à 76 %),

la chromite (7 à 45 %) et l'orthopyroxène (9 à 34 %) constituent les phases cumulus tandis que le clinopyroxène (5 à 20 %) est interstitiel.

Les dunites à chromite, les harzburgites à chromite et les lherzolites à chromite présentent des caractéristiques mégascopiques et microscopiques très similaires. Les figures 3.14 et 3.15 montrent les deux pôles extrêmes des dunites à chromite: une dunite avec 25 à 30 % de chromite (Figure 3.14) et l'autre avec seulement 6 à 7 % de chromite (Figure 3.15). Dans les deux situations, la roche est un cumulat caractérisé par une texture mésocumulus où la quantité de matériel interstitiel est proportionnelle à la quantité de chromite. Le spinelle chromifère est idiomorphe et il se trouve en position interstitielle par rapport aux cumulats d'olivine et d'orthopyroxène beaucoup plus grossiers. Lorsque la proportion de chromite est plus élevée, le spinelle se retrouve sous la forme de grappes qui tendent à mouler les cumulats de silicates.

3.3.1.3 Les péridotites

Les péridotites du Complexe de Menarik comprennent des dunites (Du), des harzburgites (Harzb) et des lherzolites (Lherz) qui contiennent généralement moins de 5 % de chromite. Ces péridotites sont présentes dans toute la ZU dans des proportions croissantes :

Harzb > Lherz > Du

Sur le terrain, les péridotites montrent une patine brune à orangée avec une cassure fraîche vert foncé à noire et une granulométrie moyenne (1-3 mm). Ces roches ne montrent pas de signe de déformation intense. La déformation se concentre dans des petits couloirs de quelques centimètres d'épaisseur caractérisés par une réduction de la granulométrie. Des veines millimétriques à centimétriques de chrysotile, de talc et de magnétite ont été observées un peu partout dans l'intrusion.

Les **dunités** massives (Figure 3.16) sont des cumulats à granulométrie moyenne (1-2 mm) caractérisés par une texture adcumulus. L'olivine (88 à 92 %), la chromite (2 à 3 %) et l'orthopyroxène (3 à 8 %) constituent les phases cumulus tandis que le clinopyroxène (1 à 2 %) est interstitiel.

Les **harzburgites** massives sont des cumulats, à granulométrie moyenne (1-3 mm), caractérisés par une texture adcumulus à mésocumulus. Généralement, les harzburgites ne possèdent pas plus de 8 à 10 % de matériel postcumulus. L'olivine (42 à 75 %), la chromite (1 à 5 %) et l'orthopyroxène (20 à 42 %) constituent les phases cumulus tandis que le clinopyroxène (1 à 5 %) est interstitiel.

Les **lherzolites poecilitiques** massives (Figures 3.17 et 3.18) sont des cumulats, à granulométrie moyenne (2-4 mm), caractérisés par une texture mésocumulus. Le Cpx forme des oïcristaux (0,5 à 1,5 cm) avec des inclusions d'olivine (~ 1 mm). La plupart des lherzolites sont à peu près toutes poecilitiques. L'olivine (53 à 73 %), la chromite (3 à 5 %) et l'orthopyroxène (15 à 36 %) constituent les phases cumulus tandis que le clinopyroxène (6 à 10 %) est interstitiel. Localement, le clinopyroxène peut être présent en proportion supérieure à 10 % mais n'excède pas 20 %.

3.3.1.4 Les pyroxénites

Dans cette unité les pyroxènes sont les phases silicatées qui prédominent et la chromite est généralement moins abondante que 5 %. Les pyroxénites du Complexe de Menarik comprennent des webstérites à olivine (Webst à Ol) et des webstérites (Webst). Les pyroxénites sont présentes dans toute la ZU, mais elles sont beaucoup plus abondantes dans le secteur central de l'intrusion. Leur distribution sporadique ne permet pas d'établir des unités pyroxénitiques à l'intérieur de la ZU. La proportion relative entre les différentes pyroxénites est la suivante :

Webst Ol >> Webst

Sur le terrain, les pyroxénites ont une patine chamois à orangée et en cassure fraîche une couleur vert foncé à noire. La phase silicatée qui domine l'assemblage minéralogique n'est pas l'olivine mais bien les pyroxènes. Il est quand même important de noter que même si l'olivine ne prédomine pas, elle reste tout de même une constituante importante de la roche.

Les **webstérites à olivine** massives (Figures 3.19 et 3.20) sont des cumulats à granulométrie moyenne (2 à 4 mm), caractérisés par une texture adcumulus. L'olivine (10 à 34 %), la chromite (3 à 5 %), l'orthopyroxène (53 à 76 %) et le clinopyroxène (10 à 22 %) constituent les phases cumulus. Le matériel postcumulus dans les Webst Ol n'excède généralement pas 2 %. Une webstérite à olivine à chromite a été observée contenant 45 % de chromite tout en conservant des proportions similaires pour les phases silicatées d'une webstérite à olivine typique.

Les **webstérites** massives sont constituées de cumulats à granulométrie moyenne (2 à 4 mm) caractérisées par une texture adcumulus. L'olivine (0 à 5 %), la chromite (1 à 2 %), l'orthopyroxène (53 à 55 %) et le clinopyroxène (40 à 45 %) constituent les phases cumulus. Comme pour les webstérites à olivine, le matériel postcumulus dans les webstérites est quasi inexistant.

La figure 3.21 montre un dyke de webstérite à olivine recoupant une dunite à chromite. La distinction entre ces deux lithologies n'est pas très évidente malgré la différence importante dans la proportion des silicates. La figure 3.22 montre un agrandissement de la figure précédente. La webstérite à olivine est généralement plus grossière, possède très peu de chromite et montre une texture adcumulus. Par contre, la dunite à chromite à granulométrie plus fine montre une texture adcumulus à mésocumulus et contient plus de chromite interstitielle.

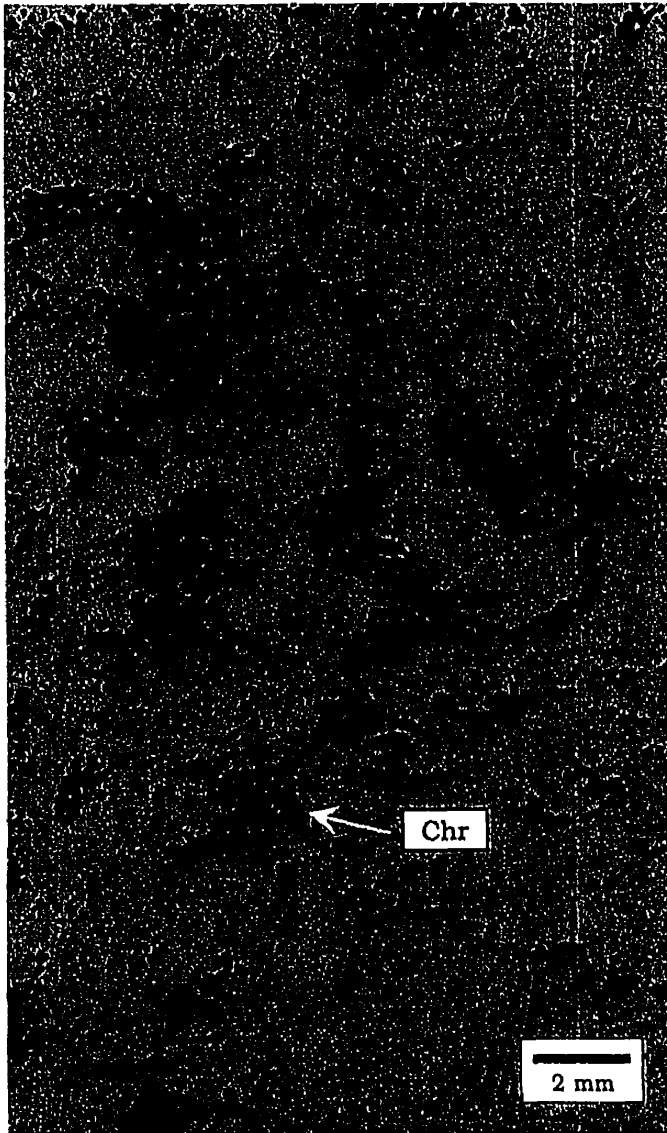


Figure 3.14 Texture d'une dunite à chromite du CDM. La chromite subidiomorphe (25 à 30 %) se retrouve en amas interstitiels aux cumulats d'olivine (LM 97-MH-7371-12).

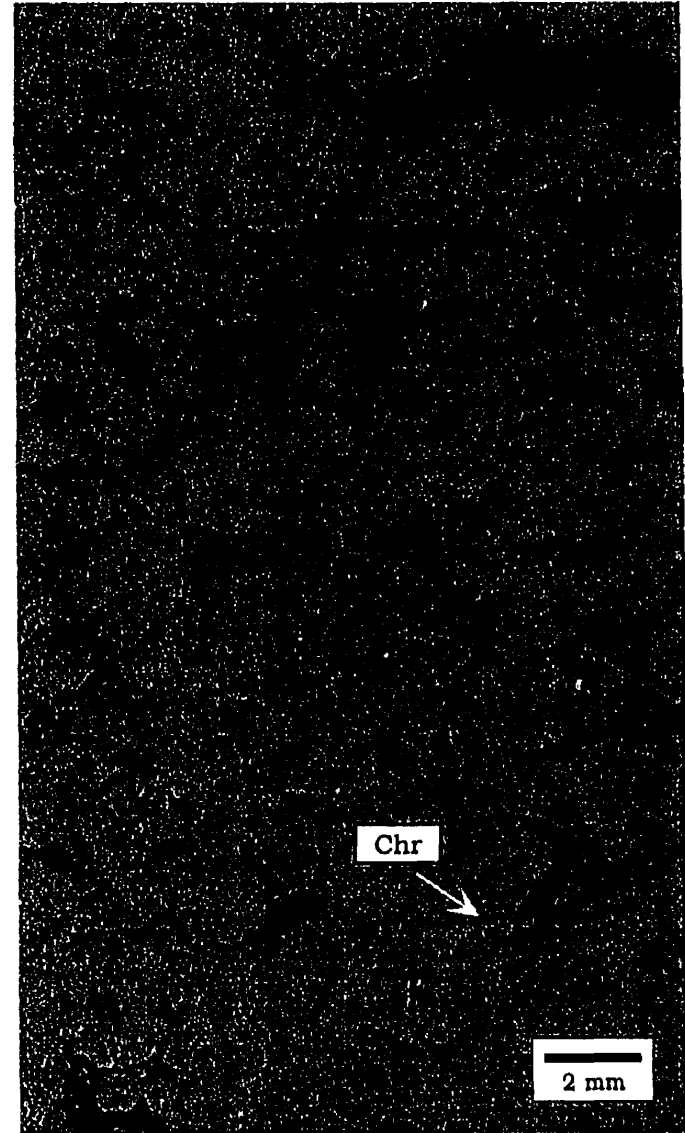


Figure 3.15 Texture d'une dunite à chromite du CDM. La chromite subidiomorphe (5 à 7 %) se retrouve en amas interstitiels aux cumulats d'olivine (LM 97-MH-7371-10).

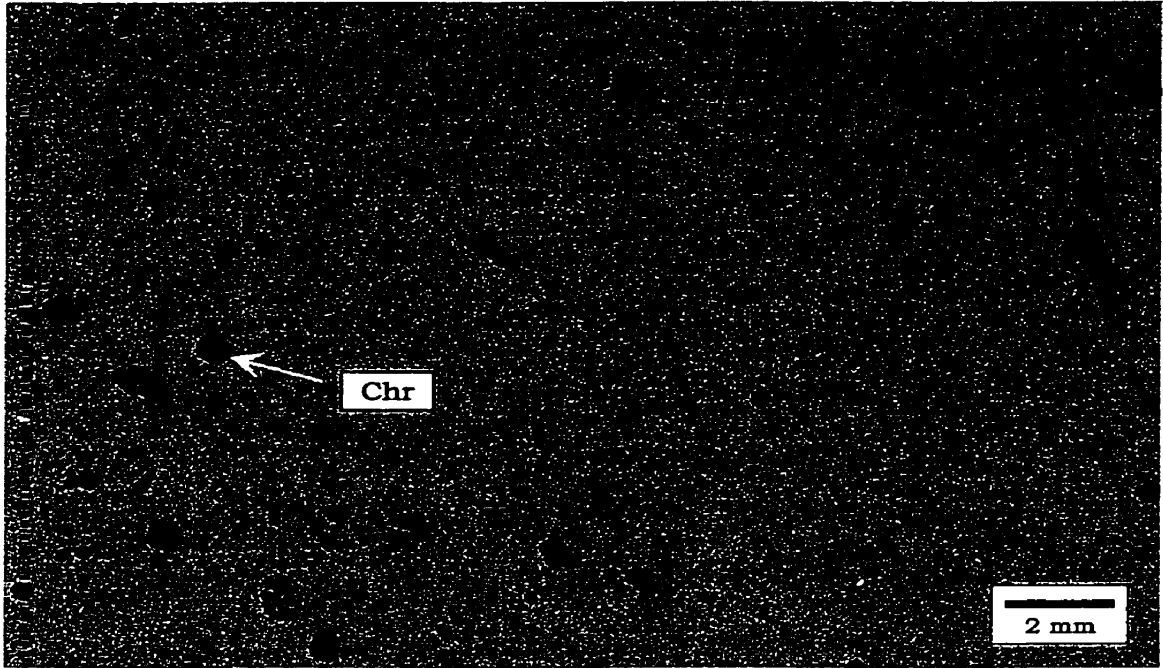


Figure 3.16 Texture typique d'une dunite du CDM. La chromite (1 à 2 %) forme des grains intercumulus subidiomorphes (LM 96-CD-5113-A2).

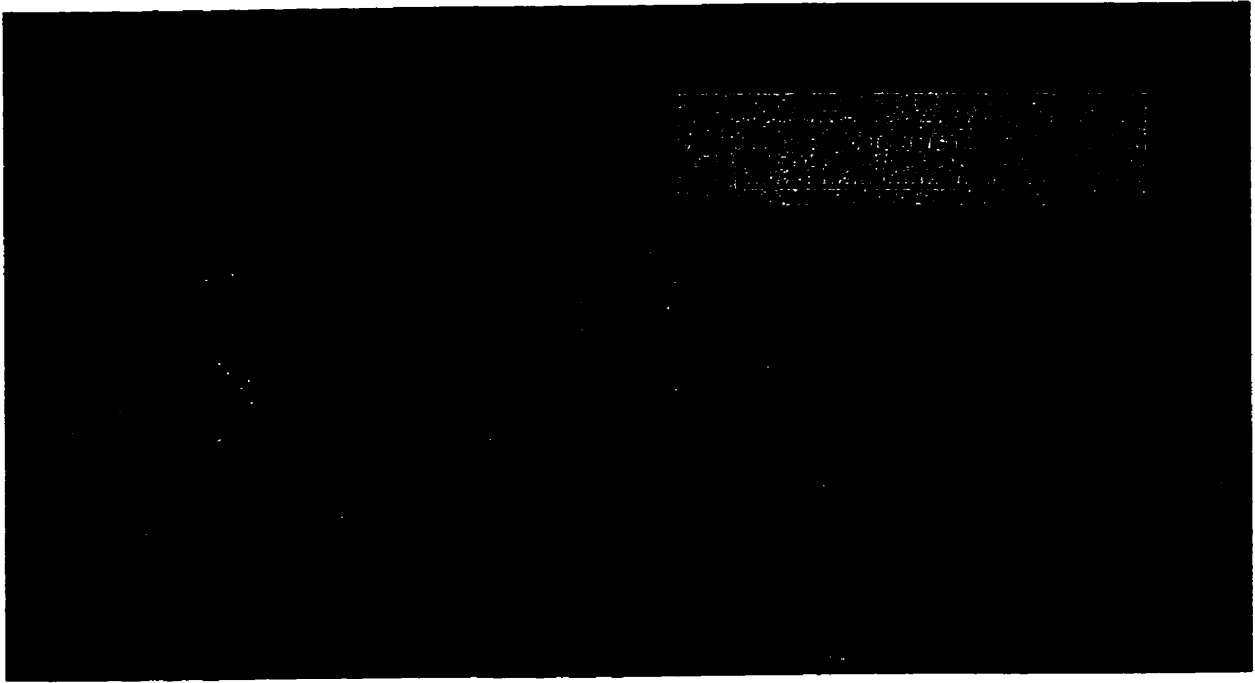


Figure 3.17 Texture typique d'une lherzolite poecilitique du Complexe de Menarik (Affl. 97-MH-7384).

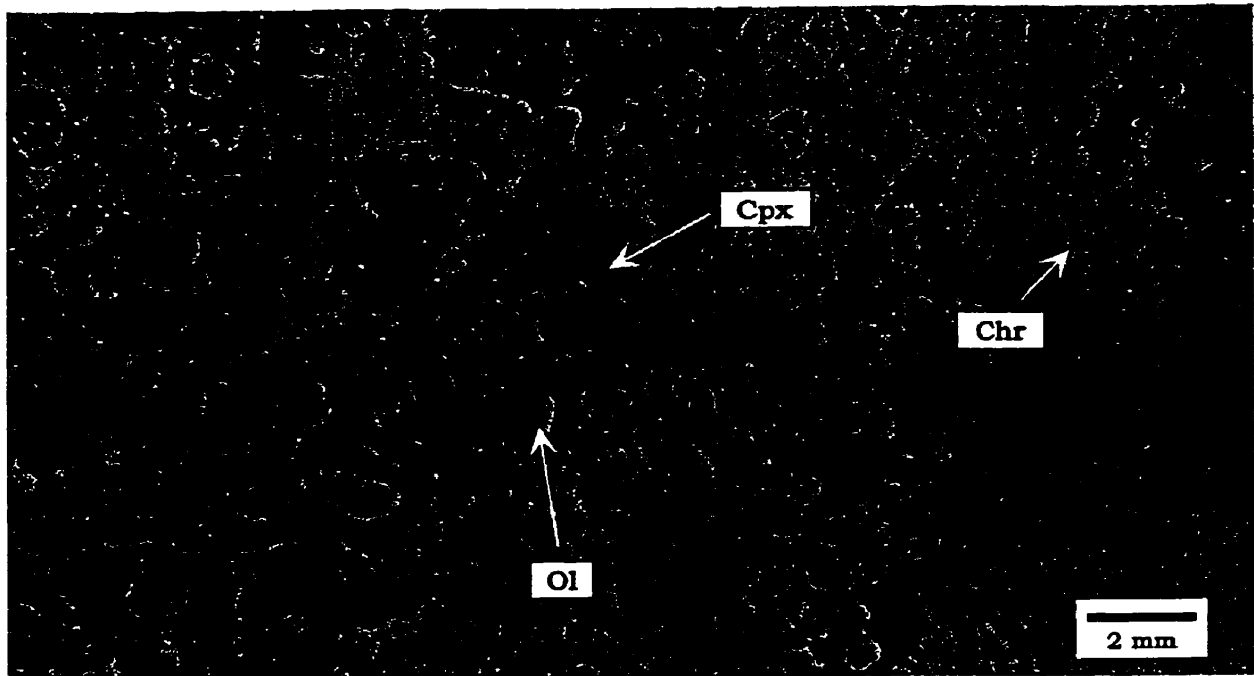


Figure 3.18 Texture typique d'une lherzolite poecilitique du Complexe de Menarik (LM 97-MH-7371-22).

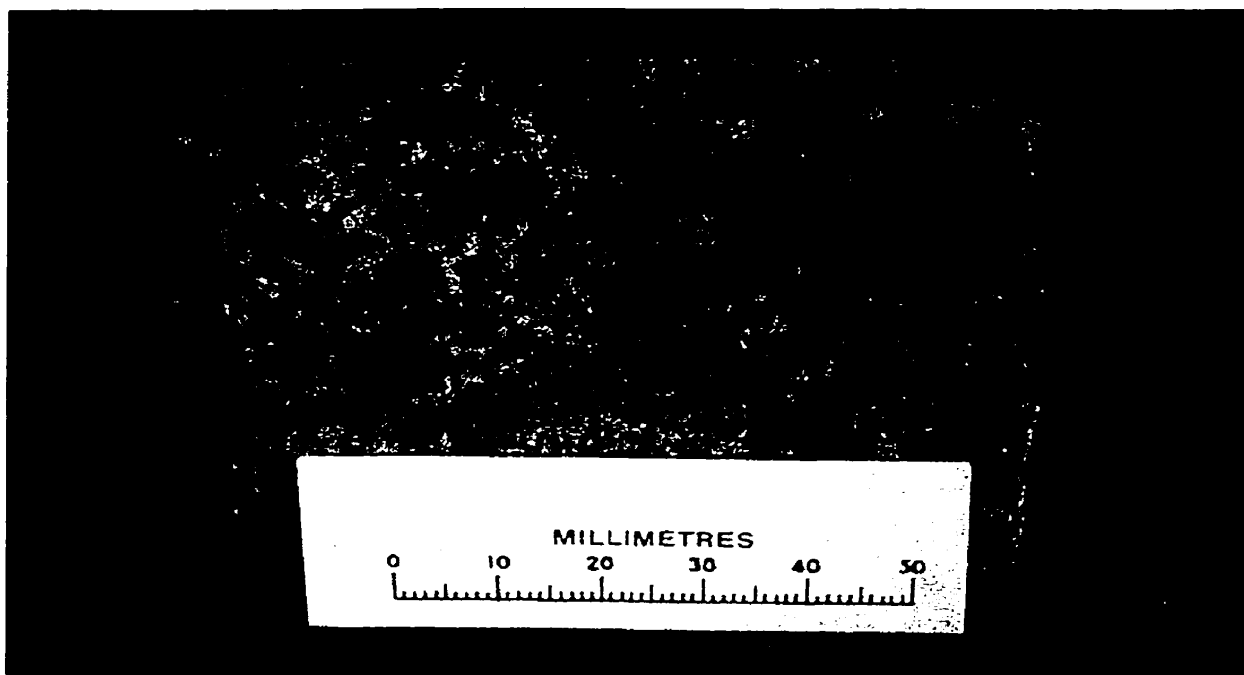


Figure 3.19 Texture typique d'une webstérite à olivine du Complexe de Menarik (Affl. 98-MH-4215).

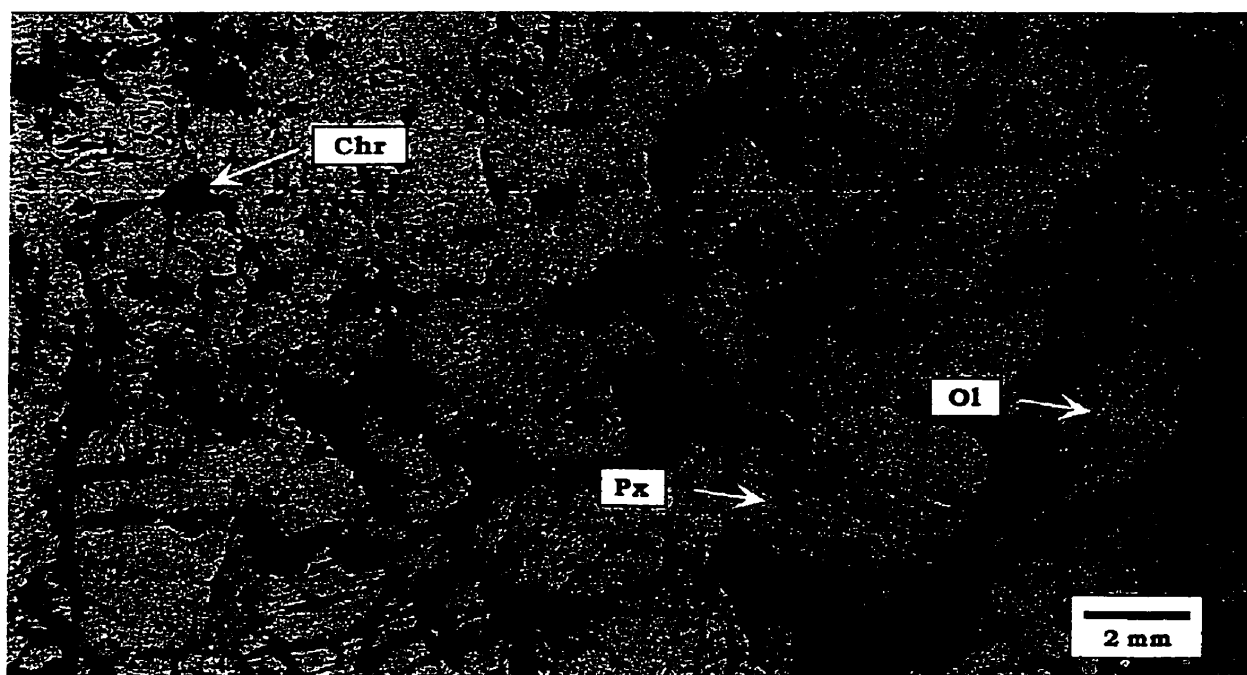


Figure 3.20 Texture typique d'une webstérite à olivine en lame mince du Complexe de Menarik (LM 98-MH-4215).

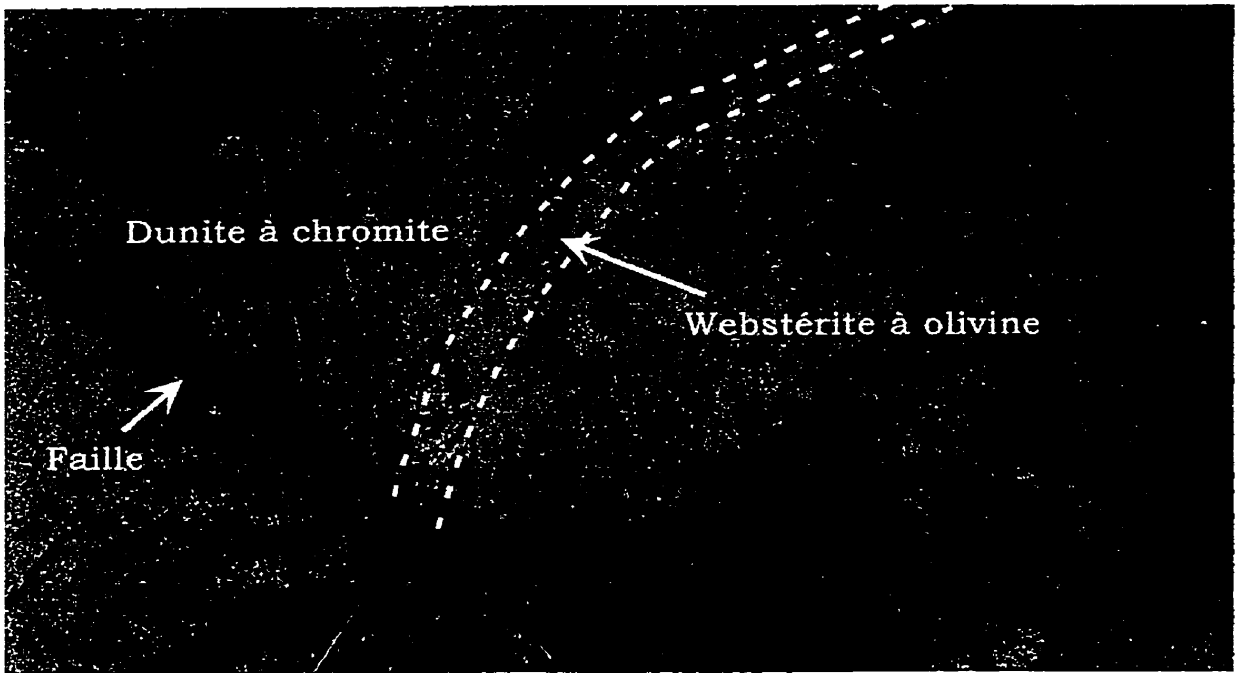


Figure 3.21 Dunite à chromite qui est recoupée par un petit dyke de webstérite à olivine (Affl. 97-MH-7490).

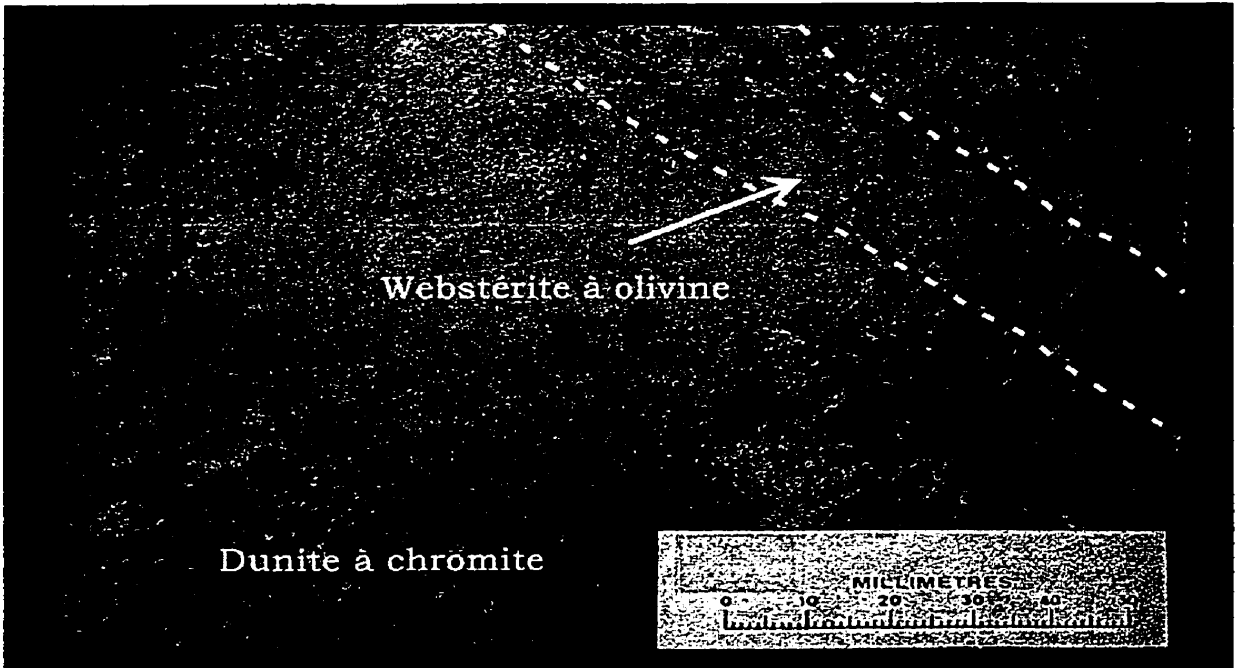


Figure 3.22 Dunite à chromite qui est recoupée par un petit dyke de webstérite à olivine (Affl. 97-MH-7490). La distinction entre les deux faciès lithologiques est très subtile. La présence de chromite interstitielle dans la dunite est un critère pour la distinguer de la webstérite à olivine.

3.3.2 Dykes ultramafiques

Dans la région du Complexe de Menarik, les dykes ultramafiques recoupent essentiellement la Zone Ultramafique (ZU) mais localement, ils peuvent recouper la Zone Mafique (ZM) ainsi que la tonalite adjacente. Ces dykes ont pu être divisés en deux groupes: les pyroxénites à magnétite et les pyroxénites.

3.3.2.1 Pyroxénites à magnétite

Les dykes de pyroxénites à magnétite (Pyrox à MG) sont les plus fréquents et recoupent uniquement la ZU dans le Complexe de Menarik. Ces dykes montrent une patine vert foncé et une granulométrie très variable. La présence d'octaèdres de magnétite (7 à 15 %) de dimensions variables (0,5 à 6 mm) est caractéristiques. Localement, on observe un rubanement créé par la concentration de la magnétite dans certaines zones enrichies. L'épaisseur de ces dykes varie entre 20 et 50 cm. Les dykes de pyroxénites à magnétite sont quelques fois plissés et boudinés indiquant ainsi qu'ils sont pré- à syndéformation. On peut également retrouver des enclaves de roches ultramafiques et tonalitiques dans ces dykes.

Les dykes sont constitués de chlorite magnésienne, de magnétite et d'ilménite. La texture hypidiomorphique est généralement observée, mais la texture allotriomorphique domine lorsque la granulométrie est fine. Dans ces roches, les plages de chlorite peuvent atteindre une dimension d'environ 3 mm. Elles sont fortement pléochroïques (incolores à vertes en lumière polarisée) avec un clivage parfait selon [001]. Les phénocristaux de magnétite sont plus ou moins résorbés. Des inclusions de chlorite, d'ilménite et de sulfures (chalcopyrite, pyrrhotite) sont souvent présentes dans la magnétite.

3.3.2.2 Pyroxénites

Les dykes de pyroxénites recoupent la ZU et la ZM du Complexe de Menarik. Ces dykes montrent une patine vert pâle ainsi qu'une granulométrie fine (< 1 mm). L'épaisseur de ces injections est généralement comprise entre 20 et 60 cm. Les

dykes de pyroxénites observés ne semblent pas être affectés par la déformation. Par contre, aucune évidence permet d'établir la relation temporelle entre ces injections et les failles affectant le CDM. Des enclaves de péridotites, de quelques millimètres à quelques centimètres de diamètre, sont trouvées dans ces dykes. La pyroxénite se compose d'amphiboles aciculaires (trémolite-actinote), de chlorites et d'un peu de chromite. La texture hypidiomorphique est généralement observée dans cette lithologie.

3.3.3 Stratigraphie

Les travaux de cartographie n'ont pas permis d'établir la stratigraphie de l'intrusion. Cependant, la Zone Ultramafique peut être subdivisée en trois secteurs : le secteur sud, le secteur centrale et le secteur nord (Figures 3.1 et 3.2). Les secteurs sud et central sont essentiellement constituées de harzburgites, de dunités, de chromitites et de chromitites à silicate (faciès I, II et III). Les webstérites à olivine et plus rarement les webstérites sont également présentes dans ces secteurs de l'intrusion. Cependant, les webstérites à olivine sont plus abondantes dans le secteur centrale de l'intrusion et spécialement dans la portion nord du secteur central. Les secteurs sud et central sont séparées par la faille majeure ESE. Le secteur nord est, quant à lui, constitué de harzburgites poecilitiques et plus rarement de lherzolites également poecilitiques. La majorité des roches de ce secteur possèdent une texture poecilitique. On retrouve aussi des chromitites et des chromitites à silicates mais en proportion beaucoup moins importantes dans le secteur nord.

L'étude des sections détaillées (97-MH-7371 et 97-MH-7374) montre que les variations lithologiques sont très subtiles à l'échelle d'un même affleurement. De la base au sommet, ces sections sont constituées principalement de harzburgites. La section 97-MH-7371 montre une composition légèrement plus lherzolitiques. Cependant, les lherzolites sont très similaires aux harzburgites de la section (97-MH-7371) compte tenu que seulement quelques pourcentages diffèrent dans l'estimation modale du clinopyroxène. Deux webstérites ont été échantillonnées (dans la section 97-MH-7371). La première, située à la base de l'affleurement,

correspond à une pyroxénite de la Zone Ultramafique contrairement à la webstérite de la partie supérieure de l'affleurement qui correspond à un dyke quasi concordant ultramafique recoupant la ZU. La distinction entre ces deux roches ultramafiques est confirmée par la géochimie dans le chapitre 5.

3.3.4 Minéralisations de Ni-Cu-Co-ÉGP

Dans le CDM, les minéralisations Ni-Cu-Co-ÉGP se présentent sous deux formes : 1) sous la forme de sulfures disséminés dans les horizons de chromite et 2) sous la forme de minéralisations filoniennes.

Les minéralisations de sulfures disséminés dans les chromitites sont relativement fréquentes. La pentlandite, la millérite et la chalcopryrite forment environ 1 à 2 % de la roche. Ils se localisent principalement dans les nodules silicatées (Chr Sil, type à nodule) ou interstitiels à la chromite. Localement, les sulfures peuvent constituer une phase importante autour de la chromite.

Les minéralisations filoniennes de Ni-Cu-Co-ÉGP se présentent, dans le CDM, comme des sulfures semi-massifs à massifs constitués de pyrrhotite-chalcopryrite-pyrite-pentlandite-millérite-violarite de quelques centimètres d'épaisseur et localisées uniquement à l'intérieur de la ZU. Ces veinules de sulfures se retrouvent essentiellement dans le secteur sud et central de l'intrusion. Ces indices sulfurés sont étroitement associés aux failles qui recoupent le CDM ou en bordure du contact avec les roches encaissantes. Les filonets localisés à proximité des failles ou des grands linéaments topographiques sont généralement plus intéressants que ceux situés à la périphérie de l'intrusion. Par contre, le potentiel économique de ces minéralisations semble limité compte tenu de l'extension de ces zones sulfurées (< 1 m). Parmi les indices de sulfures, seulement les deux plus importants ont été étudiés dans le cadre de ce travail (indices S-1 et S-22).

L'indice S-1 est composé de veinules de dolomite et de magnésite contenant des amas centimétriques de sulfures disséminés. Des zones de magnétite et de sulfures semi-massifs à massifs sont également observés dans l'encaissant à

proximité de ces veinules. Quant à l'indice S-22, la minéralisation sulfurée est très similaire à celle observée à l'indice S-1. Cependant, la minéralisation de S-22 est encaissée dans de la magnétite massive comparativement à l'indice S-1 qui montre quelques petites zones enrichies en magnétite. Ces deux indices diffèrent également par la minéralogie des sulfures. L'indice S-1 est caractérisé par l'assemblage pyrrhotite, chalcopyrite, pyrite, pentlandite, \pm millérite, \pm violarite tandis que l'indice S-22 est caractérisé par l'assemblage pyrrhotite, chalcopyrite, pyrite.

3.4 Structures magmatiques dans le CDM

Lors de la cartographie, plusieurs observations (compaction, ségrégation, écoulement, cristallisation, assimilation, etc.) ont été effectuées concernant la dynamique du magma lors de la différenciation de l'intrusion. Des structures de charge, de granoclassement, de fluage et la présence d'enclaves ont été répertoriées à plusieurs endroits dans le Complexe de Menarik. Ces structures ont été observées principalement dans le secteur nord du CDM. Il est important de noter que ces observations proviennent d'horizons repères comme les lits de chromite.

Des petits chenaux ont été observés à quelques endroits (Figure 3.23). Ceux-ci consistent en de légères dépressions dans les horizons de chromite remplies de péridotites pauvres en chromite. Ces chenaux se retrouvent uniquement dans les chromitites de faible puissance (de cm à dm). Ces structures indiquent toujours une polarité inverse vers le sud. On peut remarquer que cette structure d'érosion tronque le litage magmatique défini par les chromitites à silicate (Figure 3.23).

Des enclaves décimétriques de dunites sont observées dans les lits de chromite. Comparativement aux deux autres types de structures, celles-ci semblent restreintes aux horizons montrant une certaine puissance (> 20 cm). Ces enclaves sont présentes dans la partie nord de l'horizon. Il est possible de supposer que le sous-faciès à nodule des chromitites à silicate soit le résultat de la présence de fragments silicatés plutôt que d'un processus d'accumulation. Un autre type d'enclave observé consiste en un bloc minéralisé de chromite rythmique (faciès III) dans une harzburgite. La figure 3.24 montre un exemple de ce type d'enclave où l'on

voit bien que les horizons de chromitite sont tronqués compte tenu de la redéposition d'un fragment de chromitites rythmiques dans une péridotite.

Dans les lits de chromite, des granoclassements sont fréquemment observés. En accord avec les indications de polarité des chenaux, les granoclassements semblent suggérer une polarité inverse vers le sud (Figure 3.25A). Le granoclassement est caractérisé par l'augmentation de la granulométrie des grains de chromite dans l'horizon. Par contre, l'observation d'un granoclassement vers le sud (inverse) puis vers le nord (normal) sur deux horizons contigus pourrait indiquer la présence de plis isoclinaux dans la séquence du Menarik (Figure 3.25B). Ces structures se retrouvent uniquement dans les chromitites de faibles puissances (de cm à dm).

Une structure de fluage (ou en flamme) a été observée sur l'affleurement 97-MH-7448 (Figure 3.25C). Cette structure consiste en une succession de dunite à chromite avec la chromite intercumulus suivie de la chromitite à silicate et finalement de la chromitite. La chromitite, qui se localise dans la partie nord de l'horizon, est incluse dans une structure de charge qui s'enfonce dans la dunite sous-jacente en créant des formes ondulatoires. L'extrémité des flammes laisse une traînée de chromite derrière elles. La structure de charge, illustrée à la figure 3.25C, suggère une polarité vers le sud.

On peut également observer des contrastes lithologiques concentriques. La figure 3.26 illustre la relation entre certaines dunites et webstérites à olivine du CDM. La dunite englobe complètement une portion de webstérite à olivine.



Figure 3.23 Structure de chenal observée dans une chromitite à silicate du Complexe de Menarik indiquant une polarité vers le sud (Affl. 97-MH-7371).

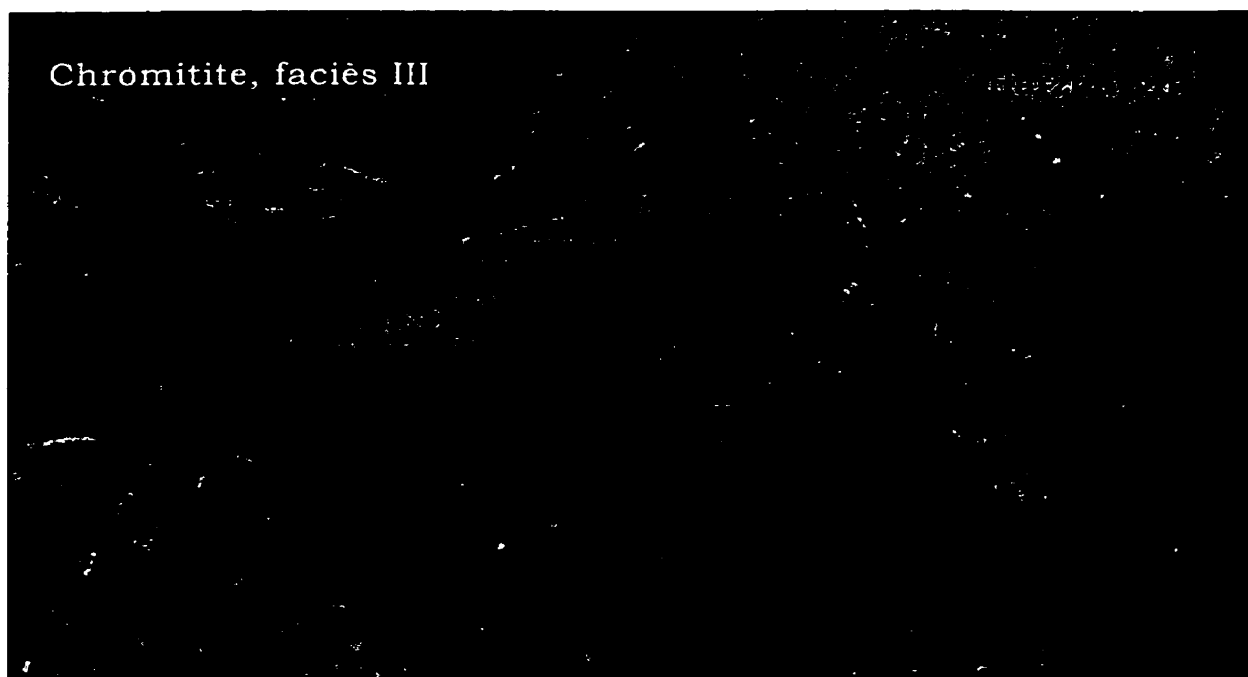


Figure 3.24 Bloc de chromitite rythmique (Faciès III) dans une harzburgite du Complexe de Menarik (Affl. 97-MH-7495).

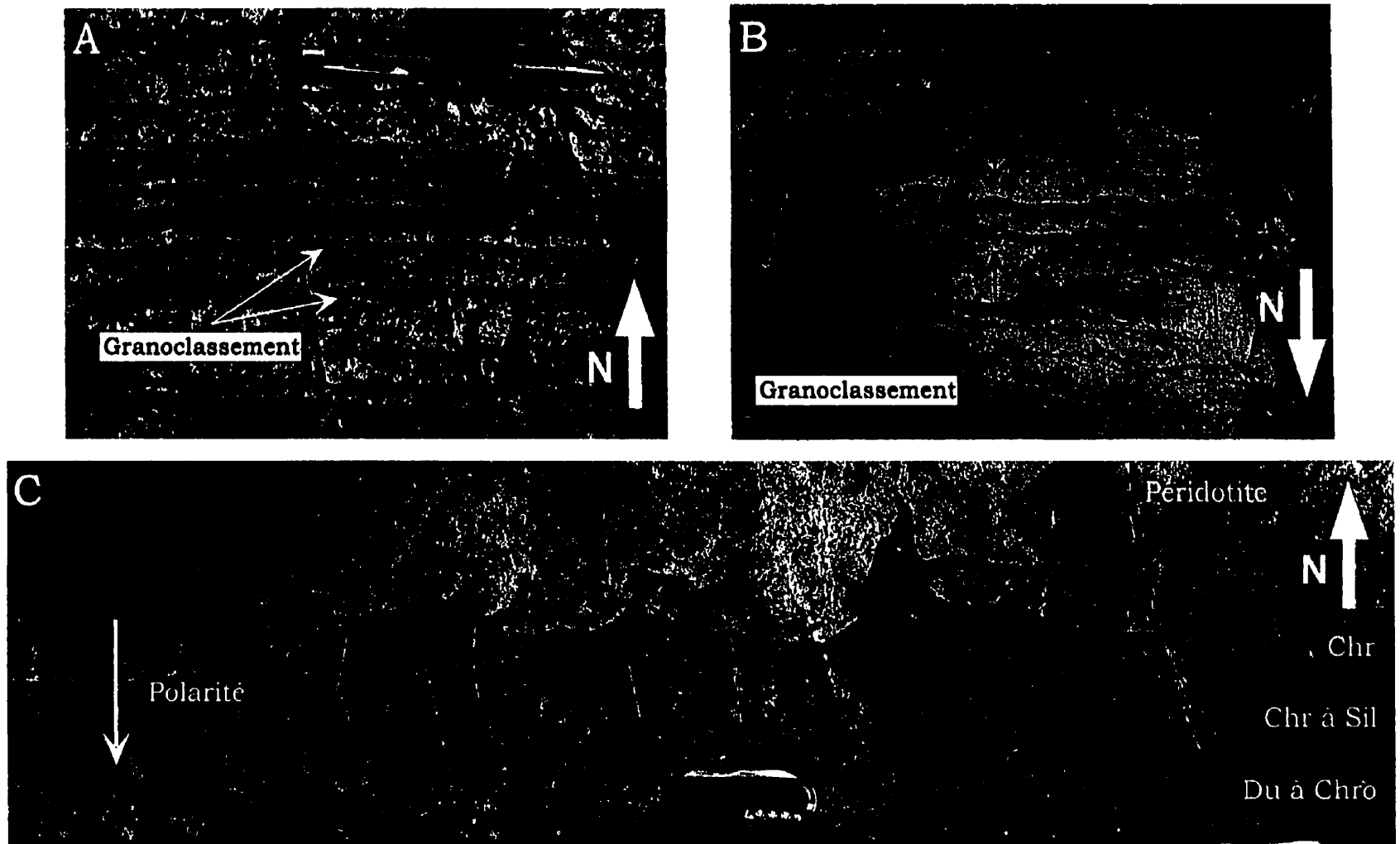


Figure 3.25 (A) Granoclasement dans une chromitite à silicate qui suggère une polarité vers le sud (Affl. 97-MH-7371), (B) Horizon de chromitite à silicate montrant un granoclasement inverse et normal définissant un pli isoclinal (Affl. 97-MH-7498), (C) Structure spectaculaire montrant une succession de dunite à chromite suivie de chromitite à silicate et finalement de chromitite (Affl. 97-MH-7448).

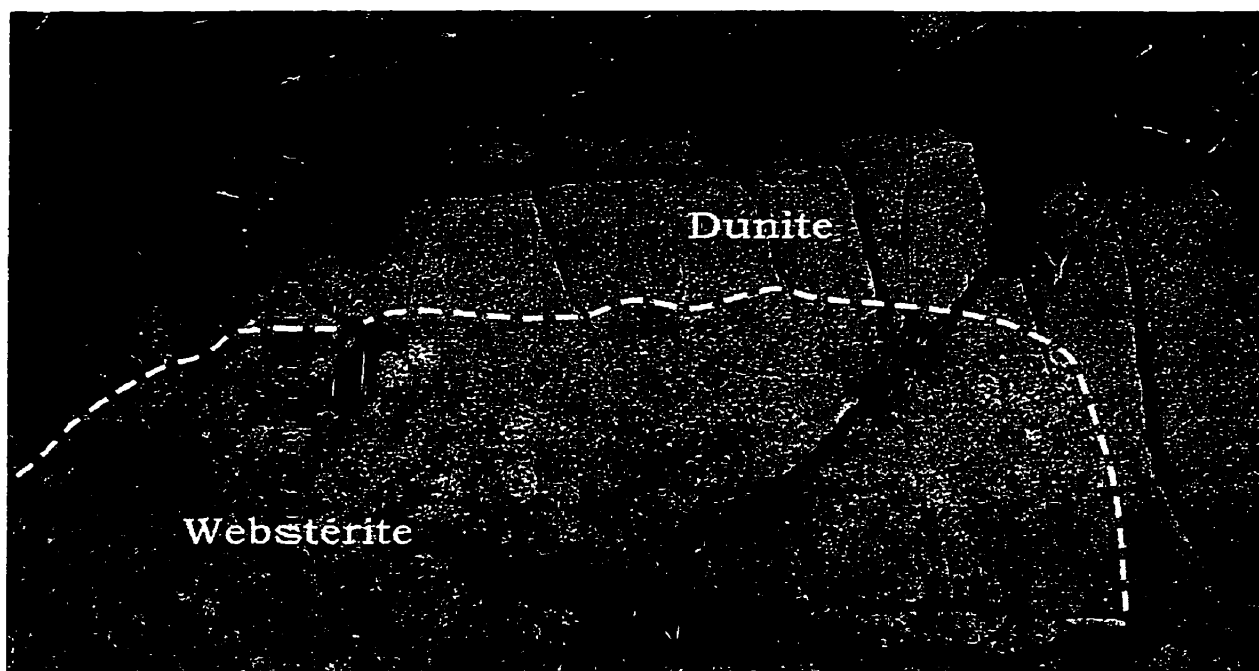


Figure 3.26 Contact entre une dunite et une webstérite à olivine du Complexe de Menarik (Affl. 97-MH-7499).

3.5 Le métamorphisme

La minéralogie primaire du Complexe de Menarik est complètement oblitérée par un métamorphisme au faciès des schistes verts et par des processus hydrothermaux. L'effet du métamorphisme est différent si on se retrouve dans la ZU ou dans la ZM. La serpentinitisation, la chloritisation, l'amphibolitisation sont caractéristiques de la ZU tandis que la chloritisation, l'amphibolitisation et la saussuritisation sont caractéristiques de la ZM.

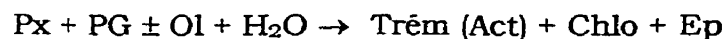
3.5.1 Zone Mafique

La minéralogie primaire des roches mafiques est complètement remplacée par de l'amphibole, de la chlorite, de l'épidote et des quantités mineures de calcite. Localement, il est possible d'observer une altération en argile dans les gabbros entraînant ainsi une oblitération quasi complète des textures et de la minéralogie primaire.

Les actinotes (ou les trémolites) présentes dans la ZM sont probablement le résultat de la transformation des pyroxènes en amphiboles. Ces amphiboles sont caractéristiques du faciès métamorphique des schistes verts.

La transformation du plagioclase en un assemblage composé d'épidote, de chlorite est typique de la saussuritisation. L'altération postérieure du plagioclase en argile le transforme ainsi en une masse cryptocristalline brunâtre et localement isotrope dépendant de la proportion d'argile.

Le métamorphisme de la ZM pourrait être simplifié à la réaction suivante :



3.5.2 Zone Ultramafique

La minéralogie primaire des roches ultramafiques est complètement remplacée par la serpentine, la chlorite, la trémolite, la magnétite et des quantités mineures de talc, de brucite, de carbonate (magnésite, calcite, dolomite) et d'épidote.

Lors de l'hydratation, l'olivine est pseudomorphisée en lizardite qui présente une texture en mailles caractéristique ou plus rarement une texture de sablier. La structure de la serpentine ne pouvant pas accommoder la totalité du fer de l'olivine, le fer excédent forme la magnétite au pourtour des pseudomorphes d'OI ou dans les fractures de l'OI. Des veinules de chrysotile recoupent la lizardite. Localement, lorsque le protolite est plus riche en olivine, on peut observer la brucite. La figure 3.27 montre une texture en pelure d'oignon ou en boule qui se développe lors de la serpentinisation.

La serpentinisation affecte également les pyroxènes. L'orthopyroxène est pseudomorphisé par la lizardite (sous la forme de bastite) qui permet la conservation du clivage de l'ancien silicate. Le clinopyroxène peut lui aussi être remplacé par la lizardite mais il peut également être remplacé par la trémolite, la chlorite et/ou la calcite. Les réactions métamorphiques ayant affectées les roches de la ZU peuvent se résumer de la façon suivante :

- 1) $Ol + Chro + Opx + Cpx + H_2O \rightarrow Serp + Chro + Mt \pm Cpx$
- 2) $Serp + Chro + Mt \pm Cpx \rightarrow Chlo + Trém + ferritchro + Carb$

À proximité de zones fortement cisillées associées à des failles ou des linéaments topographiques importants, les roches de la ZU sont très talqueuses. En dehors de ces zones, l'altération en talc est très peu abondante et se présente sous la forme de petites veinules millimétriques blanchâtres.

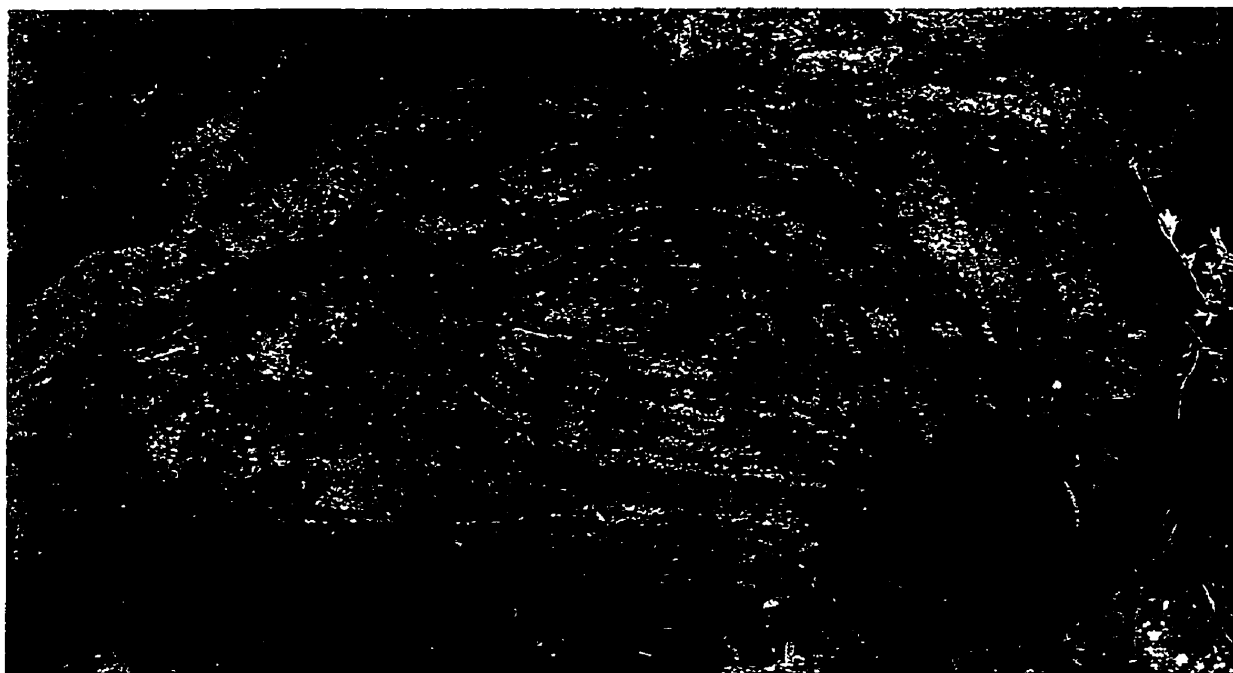


Figure 3.27 Développement de structures concentriques "d'altération en boule" lors de la serpentinisation dans une harzburgite du CDM.

3.6 L'ordre de cristallisation magmatique

L'ordre de cristallisation pour la Zone Mafique et la Zone Ultramafique est illustré aux figures 3.28 et 3.29 respectivement. D'après l'étude pétrographie, nous pouvons suggérer l'ordre d'apparition des minéraux de la ZM et la ZU qui est le suivant:

Zone Mafique

1) (Ol) + (Chro) + PG → Px → Oxydes Fe-Ti

Zone Ultramafique

2) Ol + Chro → Opx → Cpx

L'apparition précoce du plagioclase dans la ZM et l'absence du plagioclase dans la ZU laissent suggérer une évolution différente des conditions de cristallisation et/ou impliquent des magmas parents de compositions distinctes pour la ZM et pour la ZU. La séquence de cristallisation caractérisée par l'apparition précoce du plagioclase suggère une affinité tholéiitique pour la ZM tandis que la séquence de cristallisation de la ZU suggère une affinité komatiitique (Figure 5.6) ou plutôt ultrabasique (liquide très magnésien) compte tenu que généralement l'orthopyroxène ne cristallise pas abondamment (et précocement) comme dans les liquides komatiitiques.

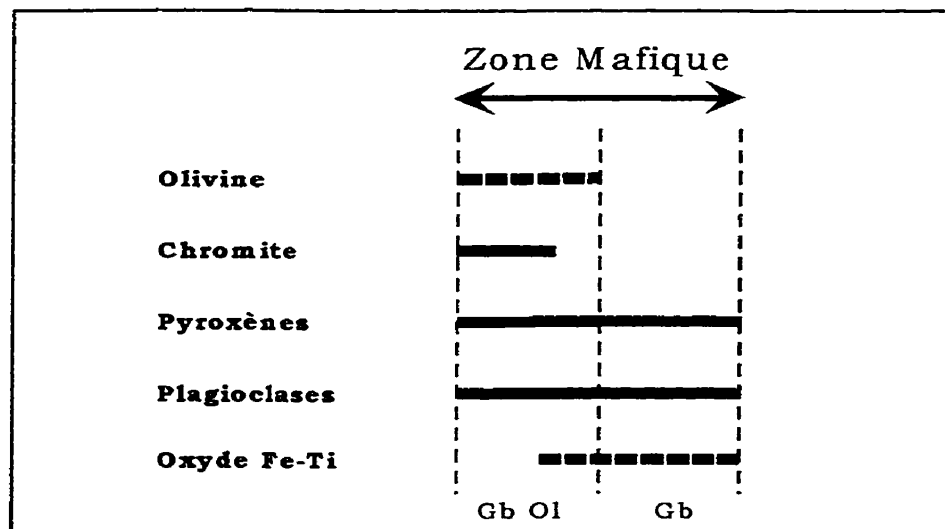


Figure 3.28 Séquence de cristallisation de la Zone Mafique du Complexe de Menarik (ligne pointillée = phase interstitielle, ligne pleine = phase idiomorphe à subidiomorphe).

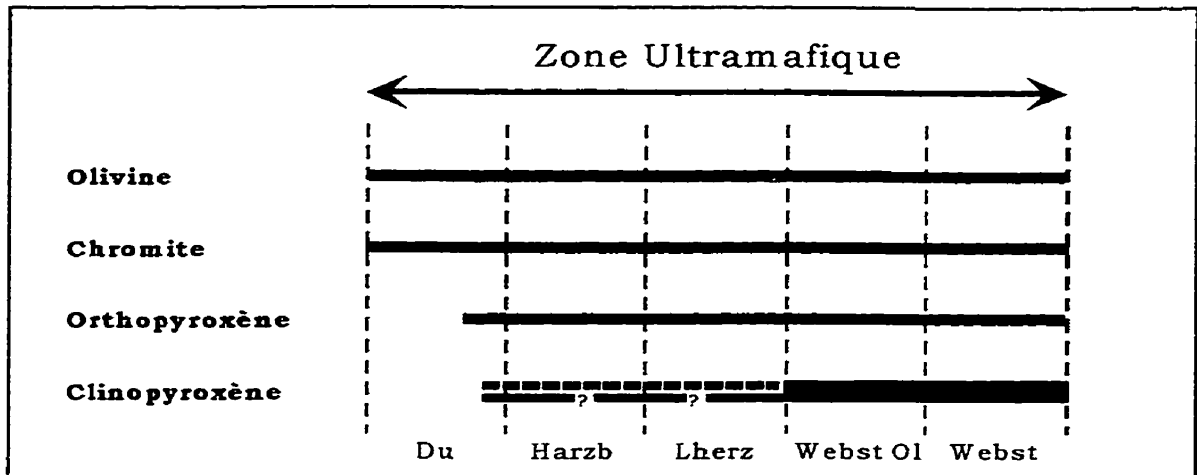


Figure 3.29 Séquence de cristallisation de la Zone Ultramafique du Complexe de Menarik (ligne pointillée = phase interstitielle, ligne pleine = phase idiomorphe à subidiomorphe).

3.7 Contact entre le CDM et les roches encaissantes

Compte tenu de l'absence d'affleurement aux endroits stratégiques, la caractérisation des contacts entre le CDM et les roches encaissantes est difficile à observer partout. Le contact inférieur entre la ZU et la tonalite a été observé dans une apophyse située à l'extrême est du massif (bloc nord) (Figure 3.30). Le contact plonge vers le nord à environ 45° et montre une webstérite à olivine sus-jacente de la tonalite Duncan, ce qui suggère qu'il s'agit probablement du contact inférieur de l'intrusion. Il est important de noter que la roche ultramafique contient des enclaves de tonalite. Le contact supérieur entre la péridotite (lherzolite ou harzburgite poecilitique) et la tonalite est observé à plusieurs endroits (97-MH-7398, 98-MH-4113). Par contre, le contact peut quelques fois être difficile à observer dû à la présence de mort terrain (98-MH-4115) ou à cause de la présence d'un sill gabbroïque (97-MH-7463 et 97-MH-7419) injecté dans la zone de contact. En raison de l'absence de déformation de part et d'autre de la limite entre l'intrusion ultramafique et la roche encaissante, le contact supérieur est probablement un contact intrusif. Le contact a un pendage d'environ 50 à 55° vers le nord.

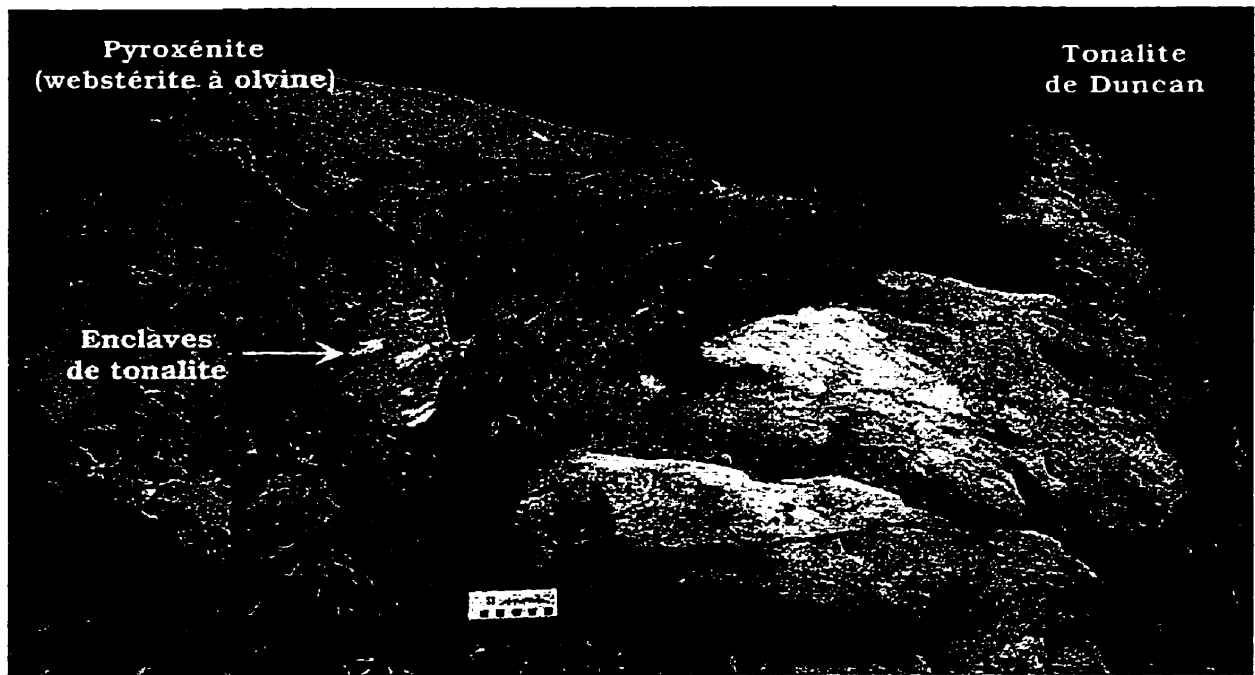


Figure 3.30 Contact inférieur entre une pyroxénite (webstérite à olvine) et la tonalite de Duncan. On note la présence d'enclaves centimétriques de tonalite à la base de la roche ultramafique (Affl. 97-MH-7489).

3.8 Synthèse

Le Complexe de Menarik est une intrusion mafique-ultramafique dominée par des roches ultramafiques. La Zone Mafique est principalement constituée de gabbros à granulométrie moyenne et de zones de gabbros pegmatitiques. La Zone Ultramafique est composée de chromitites, de chromitites à silicate, de dunites et dunites à chromite, de harzburgite et de harzburgites à chromite, de lherzolites et de lherzolites à chromite, de webstérites à olvine et webstérites à olvine et chromite et de webstérites. Cependant, toutes les unités ultramafiques du CDM s'alignent le long de l'axe olvine-orthopyroxène selon le diagramme ternaire de Streckeisen suggérant ainsi la prédominance de ces deux silicates ferromagnésiens. Compte tenu de l'altération des roches ultramafiques, il est possible que l'abondance du clinopyroxène ait été sous-estimée, ce qui impliquerait une tendance légèrement déviée vers le pôle clinopyroxène dans le diagramme de Streckeisen. L'olivine, la chromite et l'orthopyroxène sont les minéraux cumulats tandis que le clinopyroxène est généralement une phase mineure interstitielle.

La ZM et la ZU sont recoupées par des dykes gabbroïques et pyroxénitiques. Les injections de gabbro sont également observées dans la tonalite adjacente.

Les travaux de cartographie n'ont pas permis d'établir la stratigraphie interne dans l'intrusion. Toutefois, nous avons subdivisé la Zone Ultramafique en trois secteurs : le secteur sud, le secteur central et le secteur nord. Les secteurs sud et central sont constitués essentiellement de harzburgites et de dunites avec des chromitites et des chromitites à silicates (faciès I, II et III). Les webstérites à olivine et plus rarement les webstérites sont également présentes dans ces secteurs de l'intrusion. Le secteur nord est constitué de harzburgites poecilitiques et plus rarement de lherzolites poecilitiques.

Plusieurs structures d'origines magmatiques ont été observées dont des structures de charge, de granoclassement, de fluage et la présence d'enclaves. Ces structures suggèrent que les conditions de déposition qui régnaient dans la chambre magmatique étaient des conditions de déposition dynamique et non pas une simple accumulation de cristaux sous l'effet de la gravité.

Le métamorphisme de l'intrusion a transformé les assemblages primaires ignés en des assemblages caractérisés par les paragenèses Chro-Trém (Act)-Chlo-Ep pour la Zone Mafique et par les paragenèses Chro-Cpx-Serp-Mt et Chlo-Trém-ferritchro-Carb pour la Zone Ultramafique. Ces paragenèses suggèrent que le CDM est métamorphisé au faciès des schistes verts.

Bien que les contacts entre le CDM et les roches encaissantes soient difficiles à observer sur le terrain, le contact inférieur entre la ZU et la tonalite plonge vers le nord à environ 45°. Le contact supérieur entre la péridotite et la tonalite est un contact intrusif suggéré par l'absence de déformation de part et d'autre du contact entre l'intrusion ultramafique et la roche encaissante. Dans ce secteur, le contact a un pendage d'environ 50 à 55° vers le nord.

CHAPITRE IV - DESCRIPTION DES STRUCTURES

Bien que l'étude structurale ne soit pas un des principaux objectifs de ce mémoire, il est tout même essentiel de traiter de la déformation qui affecte le Complexe de Menarik. Les campagnes cartographiques de 1997, 1998 et de 1999 ont permis de caractériser les principales structures observées dans le Menarik. Dans ce chapitre, les éléments structuraux comme le litage, la foliation, l'orientation des dykes, les failles et les linéaments topographiques seront discutés. Sur la base des stratifications magmatiques, le CDM a été divisé en différents domaines structuraux (Figure 4.1). À partir de ces domaines structuraux, nous discuterons de la géométrie de l'intrusion ainsi que de la chronologie des événements ayant affecté le Complexe de Menarik.

4.1 Éléments structuraux

4.1.1 Litage et foliation magmatique

Le litage et la foliation magmatique sont observés dans la Zone Ultramafique du Complexe de Menarik. Dans cette partie de l'intrusion, le litage est beaucoup plus fréquemment observé que la foliation magmatique.

Le litage s'exprime par une concentration élevée de chromite (chromitite à olivine et chromitite). À l'échelle de l'affleurement, les stratifications sont généralement assez régulières et ceci malgré l'observation de variations importantes dans les stratifications de certains affleurements. La présence de petites failles fragiles tardives et le plissement peuvent expliquer les variations dans le litage magmatique du CDM. Le litage magmatique est observé aussi bien dans le secteur sud, central et nord du CDM. La figure 4.2A montre la distribution du litage pour le CDM. L'attitude moyenne des litages est $261^{\circ}/57^{\circ}$. On remarque que la majorité des données se projettent sur un grand arc de cercle qui suggère que le litage est repris postérieurement par une phase de plissement. Cette distribution semble contrôlée par la présence de synforme avec une attitude de $074^{\circ}/34^{\circ}$ (pôle $346^{\circ}/56^{\circ}$).

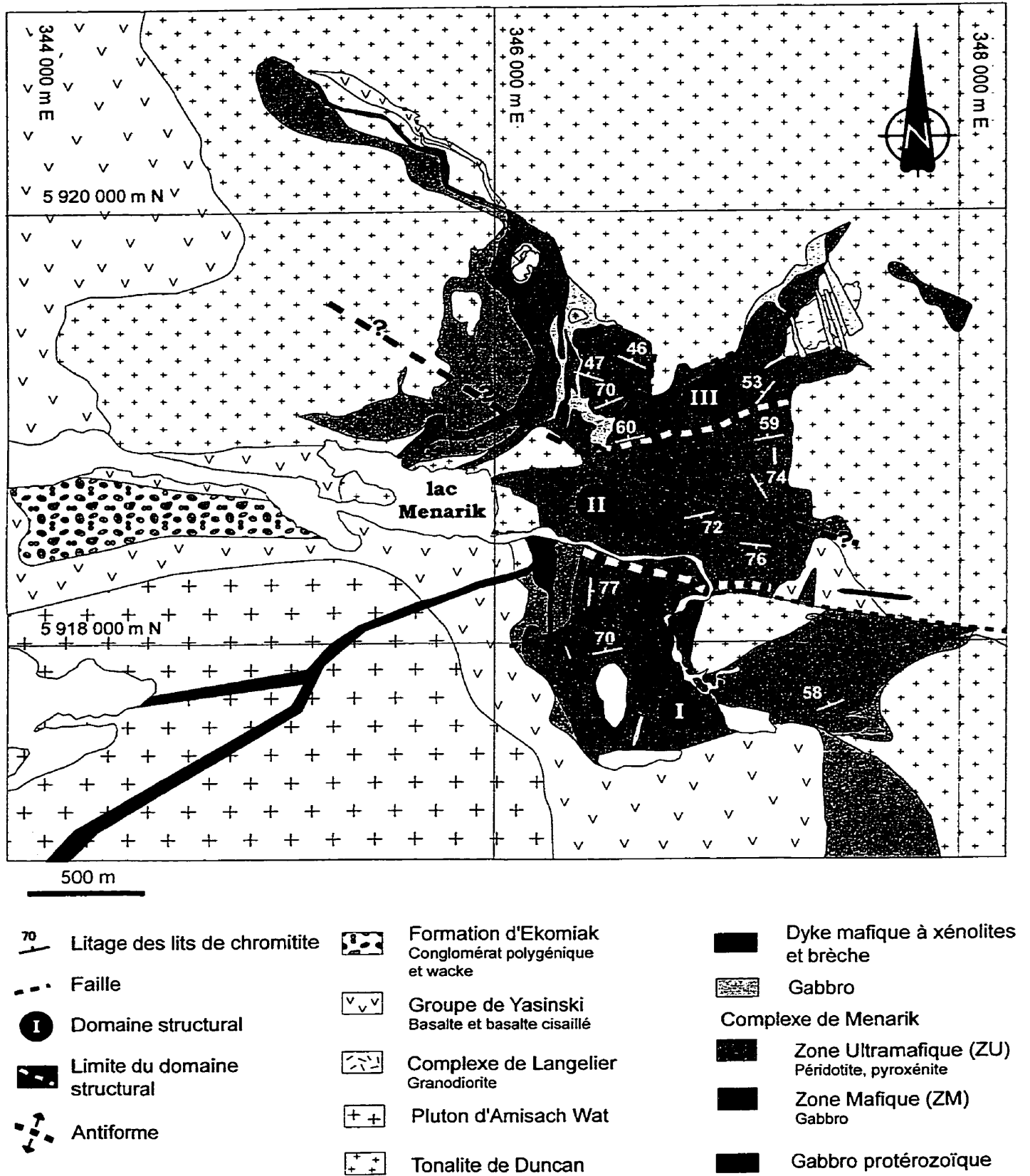


Figure 4.1 Carte géologique du Complexe de Menarik identifiant les principaux domaines structuraux (modifiée de Rivard 1985; Pelletier 1990 et 1995).

Localement, on observe un litage magmatique, défini par les horizons de chromite, recoupé par un autre litage magmatique (Affl. 97-MH-7371 et 97-MH-7420).

La foliation magmatique est observée sporadiquement au sein de l'intrusion dans les faciès péridotitiques. La foliation est indiquée par l'alignement de la chromite et/ou de la magnétite finement disséminée dans la dunite, et l'harzburgite. Cette foliation est sub-parallèle au litage magmatique.

4.1.2 Orientation des dykes

La figure 4.2B présente un diagramme équiaire de l'attitude des dykes mafiques et ultramafiques dans la région du CDM. Les dykes mafiques et ultramafiques recoupent la ZU, la ZM et la tonalite encaissante. L'orientation de ces dykes semble définir deux orientations dont les pendages sont très abrupts : 1) NNE ($012^{\circ}/87^{\circ}$) et 2) NNO ($328^{\circ}/87^{\circ}$). Aucune de ces deux attitudes observées semble dépendante de la composition de ces injections ou de la lithologie encaissante (péridotite, gabbro et tonalite). Des dykes de gabbros recoupant la tonalite encaissante identifiée par Ressources minières Pro-Or (Allard, 1995; Sanschagrin & Pelletier, 1989) montrent des attitudes similaires à celles que nous avons observées. Cependant, une quantité supplémentaire de mesure sur l'attitude des dykes est essentielle pour confirmer l'existence de ces deux orientations compte tenu de la distribution en éventail (variation d'environ 87° entre les deux orientations) des données disponibles.

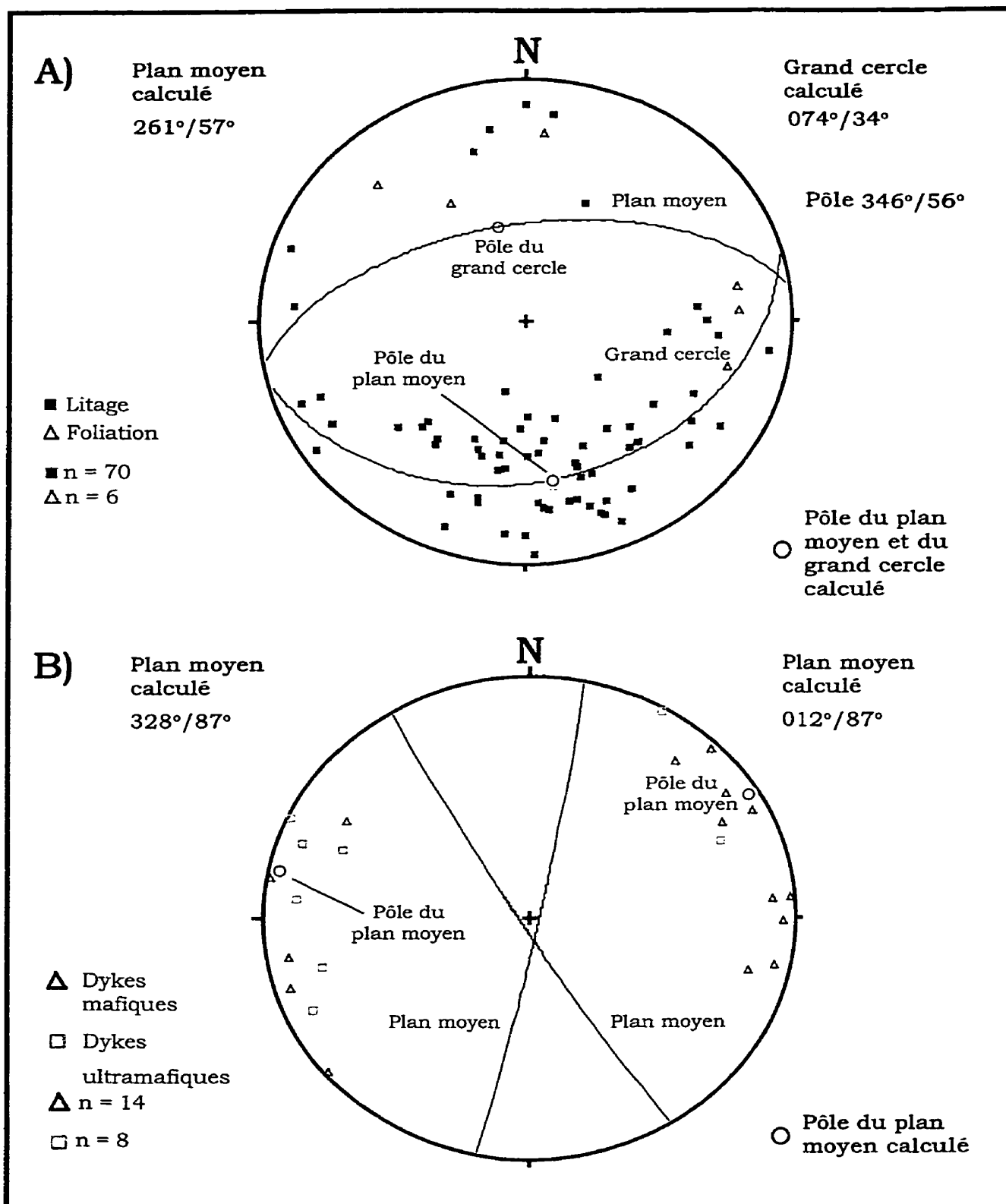


Figure 4.2 Diagrammes équiaires du Complexe de Menarik. (A) Stéréogramme montrant la distribution du litage et de la foliation. (B) Stéréogramme montrant l'attitude moyenne des dykes mafiques et ultramafiques dans la région du CDM.

4.1.3 Plis

Les roches de la ZU sont localement plissées. Toutefois, en raison de l'homogénéité des roches du CDM, ces zones plissées sont extrêmement difficiles à observer. Les plis observés sont généralement de faibles (quelques centimètres à quelques mètres). Le plissement est visible seulement dans les secteurs où l'on retrouve des faciès à chromitite ou à péridotites à chromite. La présence de chromites en abondance permet d'observer des fabriques qui peuvent être moins évidentes dans la masse péridotitique.

Deux types de plis sont distingués : 1) les plis magmatiques et 2) les plis tectoniques. Les plis magmatiques sont très limités, de l'ordre de quelques millimètres à quelques centimètres d'amplitude. Ces plis s'observent dans les lits de chromitite de faible épaisseur (quelques centimètres) et dans les dunités intercalées entre les lits de chromitite à olivine. De plus, ces plis magmatiques sont observés dans le secteur nord. Le plissement magmatique, peut être produit par plusieurs types de déformation (Naslund et McBirney, 1996), incluant l'écoulement visqueux, le glissement de pente, les courants convectifs magmatiques et la compaction. La figure 4.3 montre un pli isoclinal dans un lit de chromitite situé à l'intérieur d'une séquence rythmique. La figure 4.4 montre un pli en Z dans une dunite située à l'intérieur d'une séquence rythmique. Ce type de structure est certainement contemporaine ou légèrement postérieure au litage et elle se développe probablement dans la bouillie cristalline de la chambre magmatique. Le magma encore visqueux est sensible aux différentes perturbations qui peuvent survenir dans la chambre magmatique (choc sismique, glissement, courant magmatique, etc.).

Les plis tectoniques sont observés dans le secteur sud. Ces plis sont généralement ouverts (Figure 4.5). Contrairement aux plis magmatiques, les plis tectoniques affectent les lits de chromitite ou de chromitite à olivine de plus grande puissance (épaisseur ≥ 30 cm) et leur amplitude atteint quelques mètres.

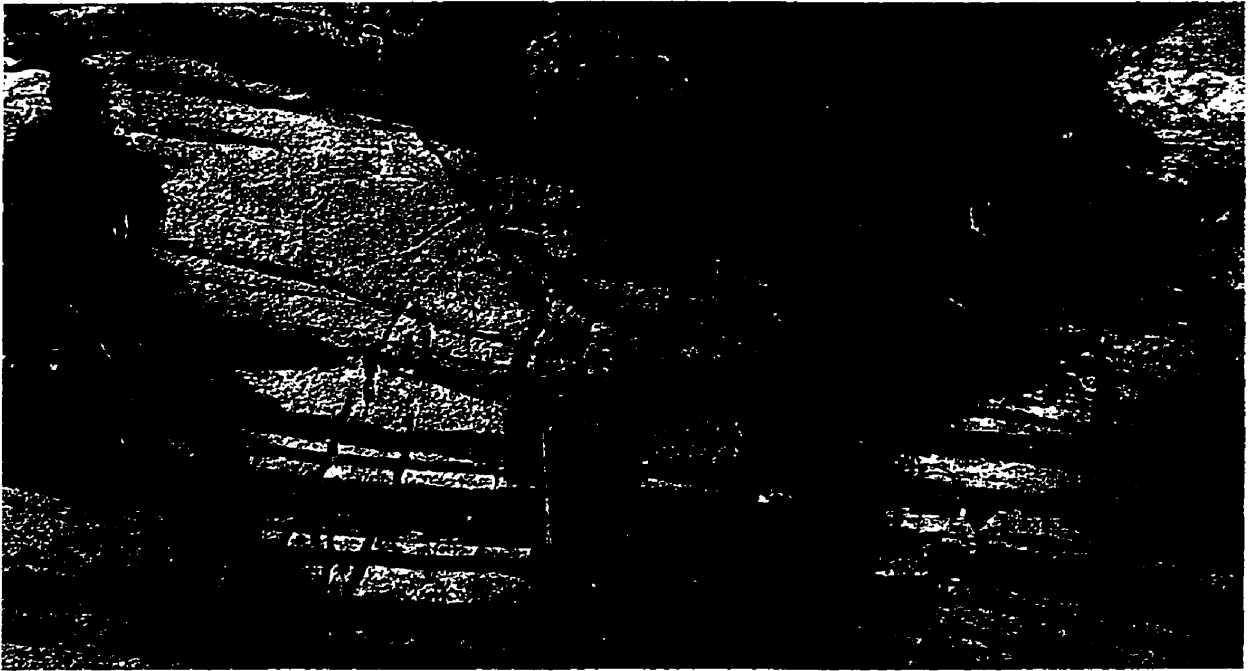


Figure 4.3 Pli isoclinal dans un lit de chromitite situé à l'intérieur d'une séquence rythmique. Ce type de structure est observé localement dans le bloc nord du CDM (Affil. 97-MH-7384).



Figure 4.4 Pli en Z dans une dunite situé à l'intérieur d'une séquence rythmique. Ce type de structure est probablement dû à un phénomène de glissement (plan de décollement) du niveau silicaté sur le niveau à chromites (Affil. 97-MH-7371).

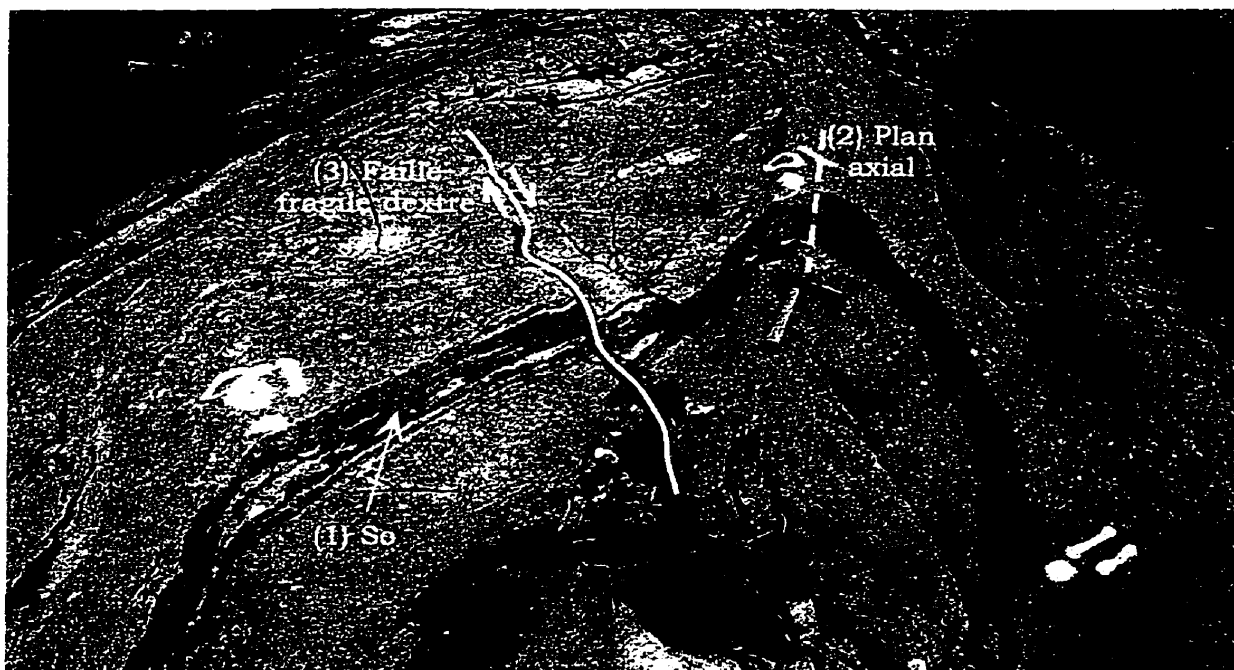


Figure 4.5 Pli tectonique observé dans le domaine I du bloc sud du CDM (Affl. 97-MH-7507). (1) So identifié par l'horizon de chromite. (2) Plan axial de la charnière du pli tectonique. (3) Faille fragile dextre déplaçant légèrement l'horizon de chromite.

4.1.4 Failles

Les roches de la ZU sont recoupées par de nombreuses failles associées à des zones fortement cisailées et très altérées en talc. Localement, les zones cisailées dans les péridotites sont injectées par des dykes pyroxénitiques à magnétite qui sont eux-mêmes boudinés et déformés. Cette observation implique que l'injection de ces dykes est antérieure ou contemporaine à la formation de ces zones de cisaillement. À l'échelle de l'affleurement, les failles sont observées par le déplacement d'horizons repères comme les chromitites. Les déplacements observés sont très faibles et ils indiquent un mouvement généralement dextre.

Trois familles de failles majeures ont été identifiées : la première et la plus importante a une orientation ESE qui correspond à la faille majeure qui découpe le CDM en deux blocs. La seconde a une orientation ENE-NE et la troisième a une orientation N-NNO. Les relations temporelles entre les trois familles ne sont pas très bien documentées.

4.1.5 Linéaments topographiques

Plusieurs linéaments topographiques peuvent être identifiés à l'aide des photos aériennes. L'intrusion est découpée par plusieurs linéaments topographiques (Figure 4.6). Ce découpage entraîne une topographie assez particulière caractérisée par de nombreux affleurements, isolés les uns des autres par des creux topographiques. La roche affleure rarement dans les vallées. Ce manque d'information ne permet malheureusement pas d'identifier avec certitude la présence de failles. Cependant, la plupart des failles observées sur le terrain sont identifiables sur les photos aériennes. D'autres linéaments topographiques importants sont identifiables et suggèrent qu'ils pourraient bien s'agir de failles. Le nombre de failles qui affectent le Menarik est certainement plus important que les observations de terrains le laissent présager. De plus, L'orientation de ces linéaments est ENE-NE, NNE et N-NNO, ce qui suggère des orientations similaires à certaines orientations observées pour les failles.

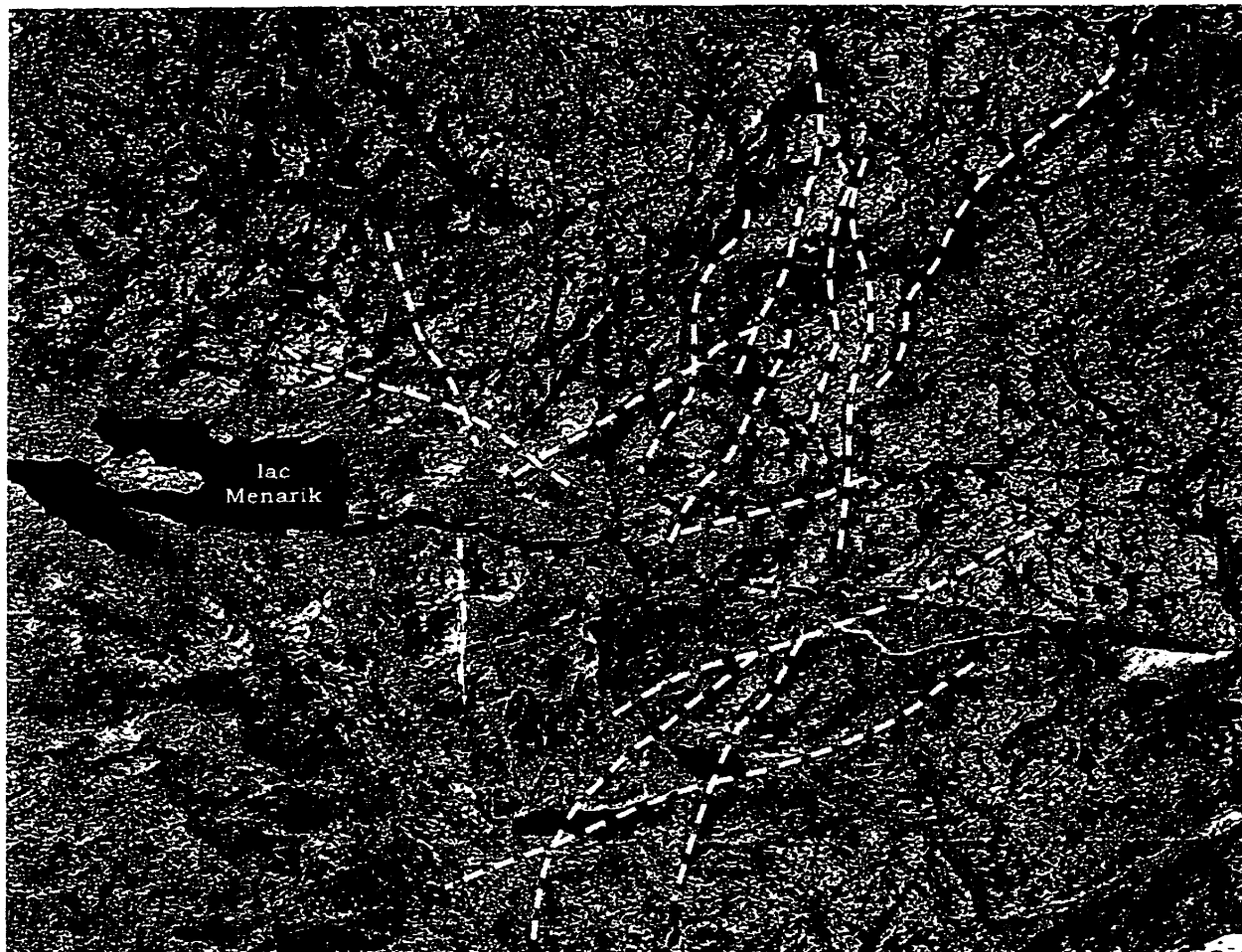


Figure 4.6 Photo aérienne de la région du Complexe de Menarik montrant les principales failles et les grands linéaments topographiques. La ligne pointillée blanche correspond aux linéaments topographiques. La ligne pointillée noire correspond aux linéaments topographiques où des évidences de failles ont été observées (Photo R1225-168).

4.2 Géométrie du Complexe de Menarik

La géométrie d'une intrusion mafique-ultramafique stratifiée est un élément important dans la compréhension de l'histoire de celle-ci. Elle influence également le potentiel économique du CDM compte tenu que plusieurs des minéralisations en Cr-ÉGP sont associées à des horizons de chromite plus ou moins continus.

Pour établir la géométrie du Complexe de Menarik, l'intrusion a été subdivisée en trois domaines structuraux à partir de l'attitude du litage magmatique. L'établissement de ces domaines est basé principalement sur les observations de terrain et la présence de failles importantes recoupant la ZU (Figure 4.1). Le secteur sud correspond au domaine I tandis que les domaines II et III correspondent aux secteurs central et nord respectivement.

Dans le domaine I, les strates sont généralement à pendage relativement forte vers le nord. L'attitude moyenne des lits est $241^{\circ}/64^{\circ}$. La distribution du litage sur le stéréogramme de la figure 4.7 définit un grand arc de cercle d'attitude $068^{\circ}/27^{\circ}$. Cette distribution suggère un pli (une forme de cuvette) pour le domaine I (~ est-ouest). Plusieurs plis tectoniques sont observés dans la partie est du secteur sud ce qui pourraient expliquer la distribution des stratifications sur le stéréogramme.

Le bloc nord comprend le domaines II (secteur central) et III (secteur nord). Malgré les distinctions importantes entre ces deux domaines structuraux, la limite entre ces deux domaines pourrait être qualifiée de transitionnelle. Dans le domaine II, on observe des lits de chromite à pendage nord et sud en contraste avec le domaine III qui est caractérisé par des horizons de chromite à pendage vers le nord. Les pendages N et S du domaine II suggèrent une charnière de pli décrivant un antiforme. Le domaine II montre deux attitudes moyennes pour les plans moyens calculés, soit $267^{\circ}/61^{\circ}$ et $084^{\circ}/67^{\circ}$, qui correspondraient aux deux flancs de l'antiforme.

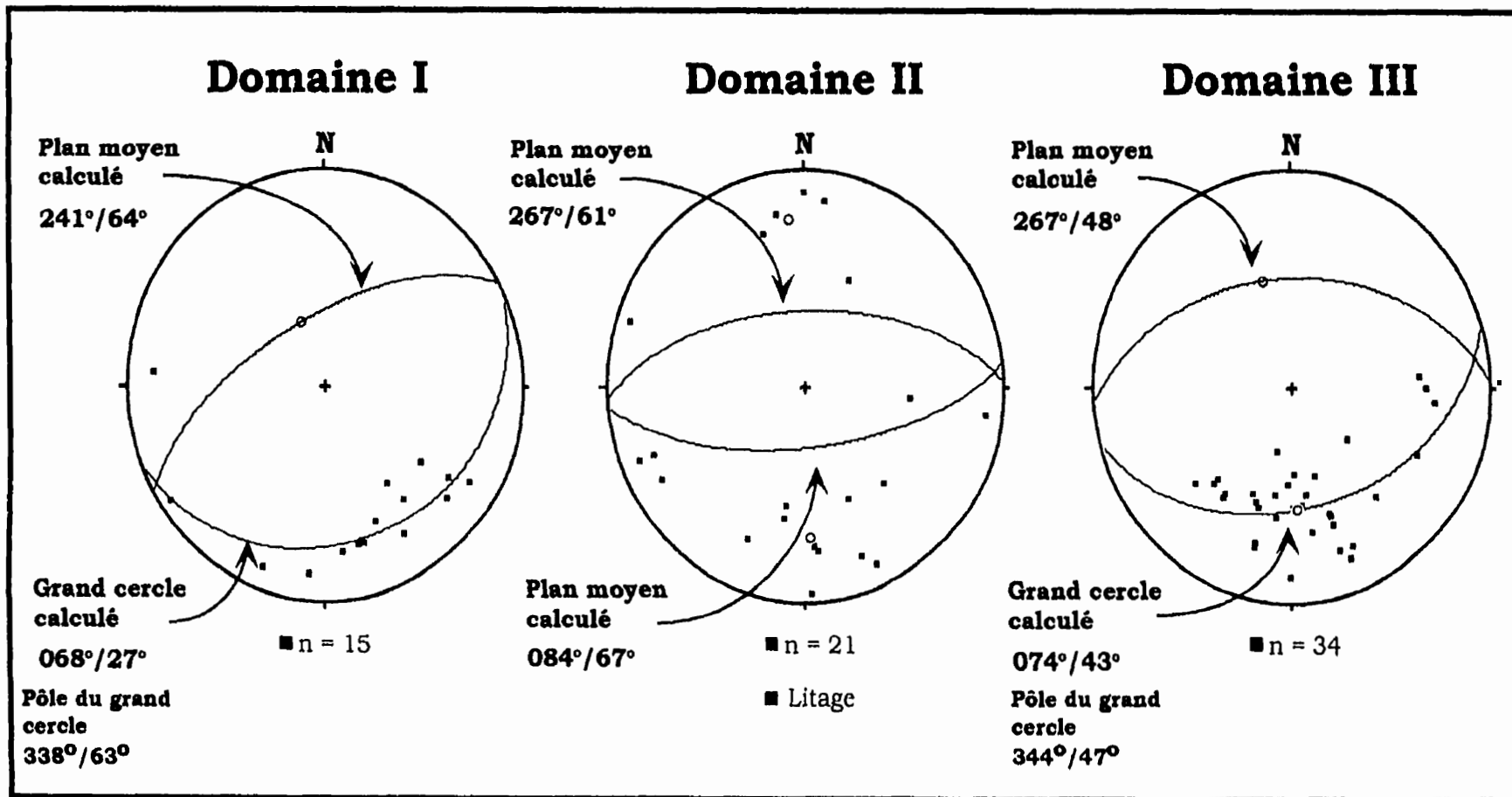


Figure 4.7 Diagrammes équiaires des différents domaines structuraux du Complexe de Menarik.

Comparativement au domaine II, le domaine III est homogène et montre très peu de variation dans la distribution des litages magmatiques. Les lits de chromite sont approximativement est-ouest avec un pendage relativement faible. L'attitude moyenne du litage est tout de même similaire à un des flancs du pli du domaine II, soit $267^\circ/48^\circ$. Dans ce secteur, la distribution des stratifications définit également un grand arc de cercle suggérant un pli (une forme de cuvette) comme dans le domaine I. De plus, l'attitude ($074^\circ/43^\circ$) de cette cuvette suggère la présence d'un synforme (\sim est-ouest) similaire à celui observé dans le bloc sud bien que le pendage soit beaucoup plus faible.

La division en différents domaines structuraux du Complexe de Menarik nous permet de proposer une coupe structurale schématique de l'intrusion. La configuration proposée est présentée à la figure 4.8.

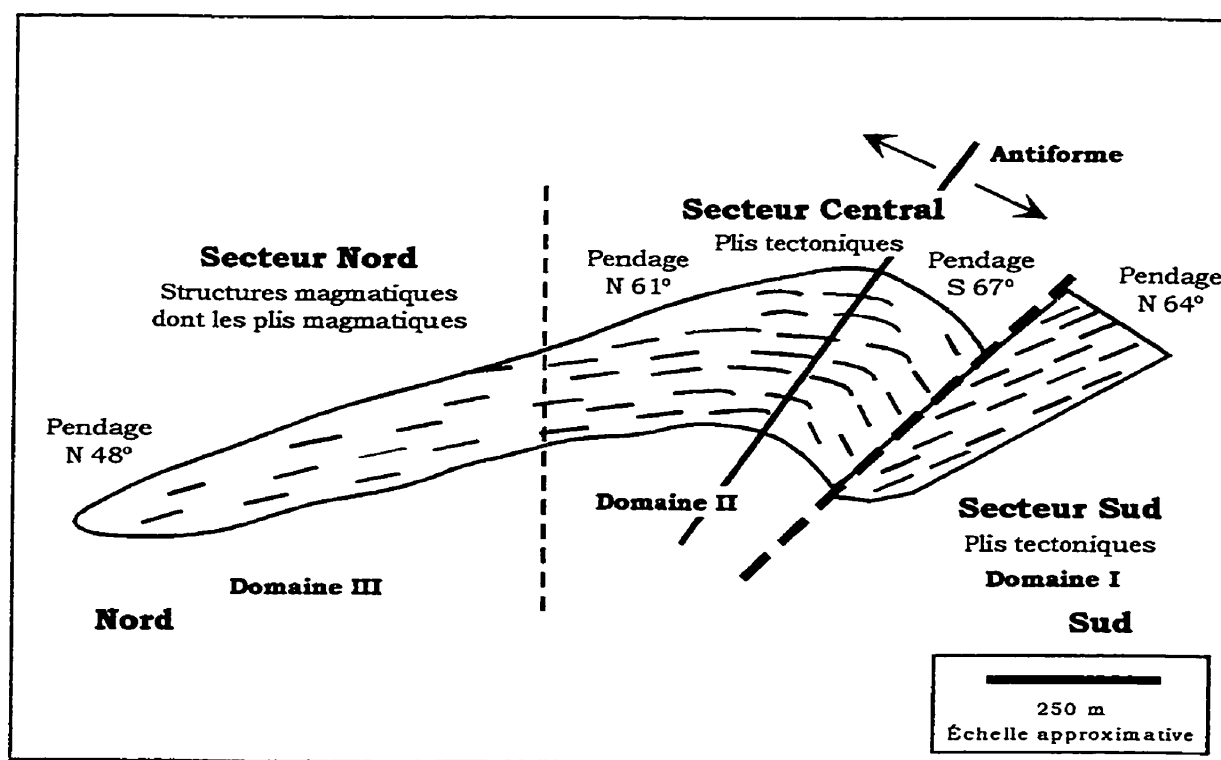


Figure 4.8 Coupe schématique (nord-sud et sub-verticale) du Complexe de Menarik montrant la géométrie de l'intrusion dans l'espace.

Le Complexe de Menarik peut se diviser en deux blocs, le bloc nord et le bloc sud, séparés par une faille majeure inverse orientée ESE. Le bloc sud (domaine I) exhibe un pendage relativement abrupt (65°) vers le nord. Le bloc nord montre deux tendances, l'antiforme du Menarik (domaine II) et un domaine monoclinale (domaine III). Le domaine II expose des strates à fort pendage (70°) vers le sud en bordure de la faille. En s'éloignant de la zone de faille, les strates deviennent graduellement à pendage plus faible (59°) vers le nord. Le domaine III montre des stratifications relativement constantes et dans la continuité de la portion nord du domaine II, soit des strates à faible pendage (48°) vers le nord.

4.3 Chronologie des événements

Les observations de terrains permettent de proposer une chronologie des événements ayant affecté le Complexe de Menarik en quatre principales étapes qui sont les suivantes:

- 1) Formation de litage magmatique par différents processus comme la cristallisation fractionnée, les courants de convection magmatique, la gravité et la compaction;
- 2) Formation des plis synformationnels produite lors de la déformation magmatique provoquée par une certaine instabilité des cumulats;
- 3) Injection des dykes recoupant la ZU;
- 4) Plissement tectonique;
- 5) Développement de failles dont la faille majeure qui divise le CDM en deux blocs.

Les étapes 4A et 4B sont probablement presque synchrones. La figure 4.5 illustre bien, à petite échelle, la chronologie des événements ayant affecté le Complexe de Menarik. Tout débute avec la formation de cet horizon de chromitite suivie du plissement tectonique de celui-ci. Plus tardivement, le lit de chromitite plissé est recoupé par une petite faille fragile avec un déplacement dextre relativement limité. Dans ce cas-ci, aucune déformation intraformationnelle et injection de dyke n'est enregistrée.

4.4 Synthèse

Les diverses campagnes cartographiques de 1997, 1998 et 1999 ont permis de caractériser les différentes structures observées dans le Complexe de Menarik. Les éléments structuraux comme le litage, la foliation, l'orientation des dykes, les failles et les linéaments topographiques ont permis de diviser le Complexe en différents domaines structuraux (principalement sur la base de la stratification magmatique).

Le Complexe de Menarik comprend le bloc sud (secteur sud) et le bloc nord (secteur central et nord). Le bloc sud correspond au domaine structural I qui est caractérisé par des stratifications à pendage abrupt vers le nord. Le bloc nord est beaucoup plus complexe avec les domaines structuraux II et III. Le domaine II est caractérisé par la présence d'un antiforme où la charnière est approximativement NO-SE. La partie sud du domaine est caractérisée par des stratifications à fort pendage vers le sud tandis que la partie nord du domaine est caractérisé par des stratifications à plus faible pendage vers nord. Le domaine III est quant à lui caractérisé par des stratifications homogènes à faibles pendages vers le nord. De plus, la distribution des stratifications des domaines I et III définissent des formes de cuvettes similaires suggérant peut-être la préservation de la structure initiale de l'intrusion. Les observations de terrain sur le Complexe de Menarik et régionalement ont permis d'établir la chronologie des événements pour l'intrusion. Le tout a débuté par la formation des stratifications (horizons de chromitite) par les différents processus magmatiques. Les conditions dynamiques qui régnaient dans la chambre magmatique du Menarik amène le développement de structures syndéformationnelles progressivement avant l'accumulation trop importante de cumulat limitant la fluidité du magma. Un autre événement magmatique amène l'injection d'une multitude de dykes mafiques et ultramafiques qui recoupent le CDM. Par la suite, le plissement tectonique affecte le CDM entraînant le développement du pli majeur de l'intrusion ainsi que les plis mineurs dans les horizons de chromitite. Finalement, le CDM est affecté par un réseau de failles dont la faille majeure inverse ESE qui divise le CDM en deux blocs, le bloc sud et le bloc nord.

CHAPITRE V - GÉOCHIMIE

Cette section porte sur une caractérisation géochimique des roches des Zones Ultramafique et Mafique du Complexe de Menarik. Tout d'abord, nous utilisons les éléments majeurs et les éléments traces pour caractériser les principaux faciès lithologiques du complexe. Par la suite, ces éléments seront utilisés pour mieux contraindre les phénomènes magmatiques impliqués dans la pétrogénèse du Menarik. L'étude de la géochimie des terres rares (TR) et des éléments du groupe du platine (ÉGP) complétera ce chapitre.

5.1 Méthodes analytiques

Plusieurs méthodes analytiques ont été employées pour obtenir les données géochimiques. On retrouve, à l'annexe D, une liste de tous les échantillons qui ont fait l'objet d'une analyse. De plus, il est fait mention du type de préparation, des éléments analysés ainsi que du laboratoire d'analyse (Centre de Recherche Minérale [CRM] ou le laboratoire de géochimie de l'INRS-Géoressources).

5.1.1 Éléments majeurs

La majorité des éléments majeurs (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_{3t} , MgO , Cr_2O_3 , CaO , MnO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 et PAF) ont été analysés par fluorescence des rayons X au laboratoire d'analyse du CRM. D'autres échantillons ont été analysés au laboratoire de l'INRS-Géoressources par dosage par spectrométrie d'émission atomique à source plasma (ICP-AES: inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry). Dans le cas d'analyse de roches réfractaires riches en chromite comme celles du Complexe de Menarik, les méthodes d'analyses physiques sont beaucoup plus fiables que les méthodes chimiques et ce, malgré des limites de détection plus élevées lors du dosage des éléments par ICP-AES. Le Fe_2O_{3t} correspond au fer total analysé tandis que l'estimation du FeO est basée selon la formule $\text{FeO} = 0,8999 * (\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ total analysé} - \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ calculé})$. Les teneurs en éléments majeurs ont été recalculées sur une base anhydre.

5.1.2 Éléments traces

La majorité des analyses des éléments traces ont été effectuées au laboratoire d'analyse du CRM. Le dosage des éléments traces s'est effectué par spectrométrie d'émission atomique à source plasma (Ba, Be, Cd, Ce, Co, Cu, Dy, Eu, La, Li, Mo, Nd, Ni, Pb, Pr, Sm, V et Zn), par fluorescence des rayons X (Sn, Ga, Nb, Rb, Sr, Ta, Te, Th, Y et Zr) et par activation neutronique instrumentale (Sb, As, Br, Cs, Au, Se, Tm, W et U). Le soufre est dosé à l'aide d'un analyseur élémentaire LECO (S). Les échantillons qui ont été analysés au laboratoire de l'INRS-Géoresource ont été analysés par ICP-AES (Ba, Cd, Ni, Co, Cu, Mo, Sc, Sr, V, Y, Zn, Zr et S). Notons que les résultats des analyses de Sn, Nb, Ta, Te et Th en fluorescence des rayons X sont qualitatifs. De la même façon, les résultats des analyses de Dy, Eu, La, Nd, Pr et Sm en ICP-AES sont qualitatifs.

5.1.3 Terres rares (TR)

Les données géochimiques obtenues pour les terres rares (TR) et les éléments à faible rayon ionique et à fort potentiel ionique (HFSE) sont de deux types. Une première série d'analyses a été effectuée au CRM en utilisant le dosage par activation neutronique. Compte tenu de la nature ultramafique de nos échantillons, les données du CRM sont fragmentaires et souvent en-dessous des limites de détection. L'analyse des TR par spectrométrie de masse à émission de plasma (ICP-MS, inductively coupled plasma-mass spectrometry) a été employée pour la seconde série d'analyses. Les limites de détection de cette méthode sont beaucoup plus faibles permettant ainsi de recueillir des données géochimiques complètes sur les spectres des TR des roches mafiques et ultramafiques.

La seconde série d'analyses a été effectuée au laboratoire d'analyse de l'INRS-Géoresources. Pour les analyses en ICP-MS, il faut dissoudre complètement les échantillons de poudres de roches. Avant les digestions des échantillons, ceux-ci sont séparés en trois groupes: 1) pauvres en Cr_2O_3 ; 2) riches en Cr_2O_3 ; et 3) dépourvus ou pauvres en Cr_2O_3 . Les échantillons pauvres en chrome a été mis en solution par une fusion alcaline au métaborate de lithium tandis que les

échantillons riches en chrome ont été mis en solution suite à une fusion au peroxyde de sodium (Na_2O_2).

La limite de détection est, entre autres, fonction du facteur de dilution de la solution. Pour les fusions alcalines, ce facteur est de 5 000 et pour les fusions au peroxyde de sodium ce facteur est de 10 000. La limite de détection est théoriquement deux fois plus faible pour une matrice riche métaborate de lithium. Les fortes abondances en Na, par la méthode au Na_2O_2 , complique l'analyse. De plus, les solutions riches en Na contribuent à obturer rapidement les cônes d'échantillonnage à la sortie du plasma. Pour minimiser ces problèmes, il faut augmenter considérablement le facteur de dilution des échantillons.

Le troisième groupe correspond à des échantillons ne contenant pas ou peu de Cr_2O_3 (gabbros et pyroxénites pauvres en chromite). Les attaques effectuées sur ces échantillons ne faisaient pas intervenir de fondant. Ces échantillons étaient simplement dissous avec de l'acide fluorhydrique (HF) et de l'acide nitrique (HNO_3) dans des bombes à haute pression. Cette méthode permet de minimiser la dilution des échantillons (facteur de dilution de 500), ce qui a pour effet de diminuer la limite de détection des éléments traces. Il est à noter que lors de la préparation des échantillons, le broyage à l'agate (et meule de ferrochrome) a été utilisé afin de minimiser la contamination des poudres en TR.

Tableau 5.1 Valeurs de normalisation utilisées pour la lithogéochimie des terres rares et certains éléments traces (selon McDonough et Sun, 1995). [**La**,... = Terres rares ; **Ta**, ... = HFSE et Sr, ... = Autres éléments traces] .

Éléments	Chondrite	Éléments	Chondrite	Éléments	Chondrite
	C1		C1		C1
La	0,237	Ho	0,0546	Ti	440
Ce	0,613	Er	0,160	Sr	7,25
Pr	0,0928	Tm	0,247	K	550
Nd	0,457	Yb	0,161	Rb	2,30
Sm	0,148	Lu	0,0246	Ba	2,410
Eu	0,0563	Ta	0,0136	Th	0,029
Gd	0,199	Nb	0,240	Y	1,57
Tb	0,0361	Zr	3,82		
Dy	0,246	Hf	0,103		

Unités : ppm

5.1.4 Éléments du groupe du platine (ÉGP)

Dans ce mémoire, la source des données géochimiques sur les ÉGP est très diversifiée. Celle-ci contient des résultats obtenus selon différentes méthodes analytiques. Une première série d'analyses par pyroanalyse (fusion plombeuse) a été effectuée au laboratoire du CRM. Cette série d'analyses comprend uniquement le dosage du Pt, Pd et Rh. La seconde série d'analyses, comprenant le spectre complet (Pt, Pd, Rh, Ir, Os, Ru), a été réalisée au laboratoire géochimie de l'Université du Québec à Chicoutimi. Ces analyses, réalisées pour le CRM, consistent en une fusion au sulfure de nickel et une analyse par activation neutronique instrumentale. La dernière série d'analyses a été effectuée au laboratoire de l'INRS-Géoressource en suivant la méthode de Gueddari (1996) et Gueddari et al. (1998). Le protocole analytique et la méthodologie sont discutés de façon exhaustive à l'annexe D. Seul l'osmium n'a pas été dosé par cette méthode à cause de sa grande volatilité.

Tableau 5.2 Valeurs de normalisation du manteau asthénosphérique proposées par Barnes et al. (1988). Les valeurs de Ni et Cu sont celles proposées par Sun (1982) pour le manteau primitif terrestre.

Ni	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Cu
2000	4,2	4,4	5,6	1,6	8,3	4,4	28

Unités: ppm pour le Ni et le Cu et ppb pour les ÉGP.

5.2 Mobilité des éléments majeurs et traces

La géochimie permet de caractériser et d'étudier la répartition des éléments majeurs et traces dans les roches. Cependant, l'altération hydrothermale et le métamorphisme sont des processus secondaires capables de modifier les propriétés géochimiques des roches. Toutefois, il est parfois difficile d'évaluer la mobilité relative des éléments. Ces derniers peuvent rester immobiles ou devenir mobiles sous différentes conditions. Plusieurs éléments considérés généralement comme immobiles peuvent devenir mobiles dans des conditions extrêmes (Jenner, 1996).

La présence de veinules dans la roche est généralement indicatrice d'un transfert chimique. Dans ce cas, la minéralogie de celle-ci est indicatrice des éléments chimiques potentiellement mobilisés (éléments majeurs). Par exemple, la présence de roches injectées de veinules de calcite implique une mobilisation probable d'éléments comme le CaO et le CO₂. Plus rarement dans les roches du Menarik, des veinules de chlorite, de serpentine et de talc sont localement observés. La présence de ces veinules suggère une certaine mobilité de MgO et SiO₂ (\pm Al₂O₃). Par contre, dans le CDM, la mobilité de ces éléments semble restreinte à l'échelle microscopique (voir chapitre 6). De plus, lors de la préparation des échantillons, nous avons minimisé la quantité de veinules en sciant ces zones d'altération.

Dans les roches ignées sujettes au métamorphisme régional, les éléments comme le Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Y, Cr, Sc, V et Ni sont généralement considérés comme immobiles (ex. Jenner, 1996). En ce qui concerne les terres rares, elles sont généralement considérées comme immobiles pour la plupart des roches altérées

dans les systèmes où l'eau est le fluide dominant (Jenner, 1996). Toutefois, en présence de carbonates, les terres rares légères peuvent être mobiles. En général, parmi les TR, seul l'Eu est considéré comme légèrement mobile. Les diagrammes de covariation des terres rares en fonction de l'altération des roches du CDM montre que les TR légères (Figure 5.1A) et les TR lourdes (Figure 5.1B) ne semblent pas significativement affectées par le degré d'altération de l'échantillon. Compte tenu de ce comportement, les TR sont considérées comme des éléments incompatibles et immobiles dans le cadre de ce travail.

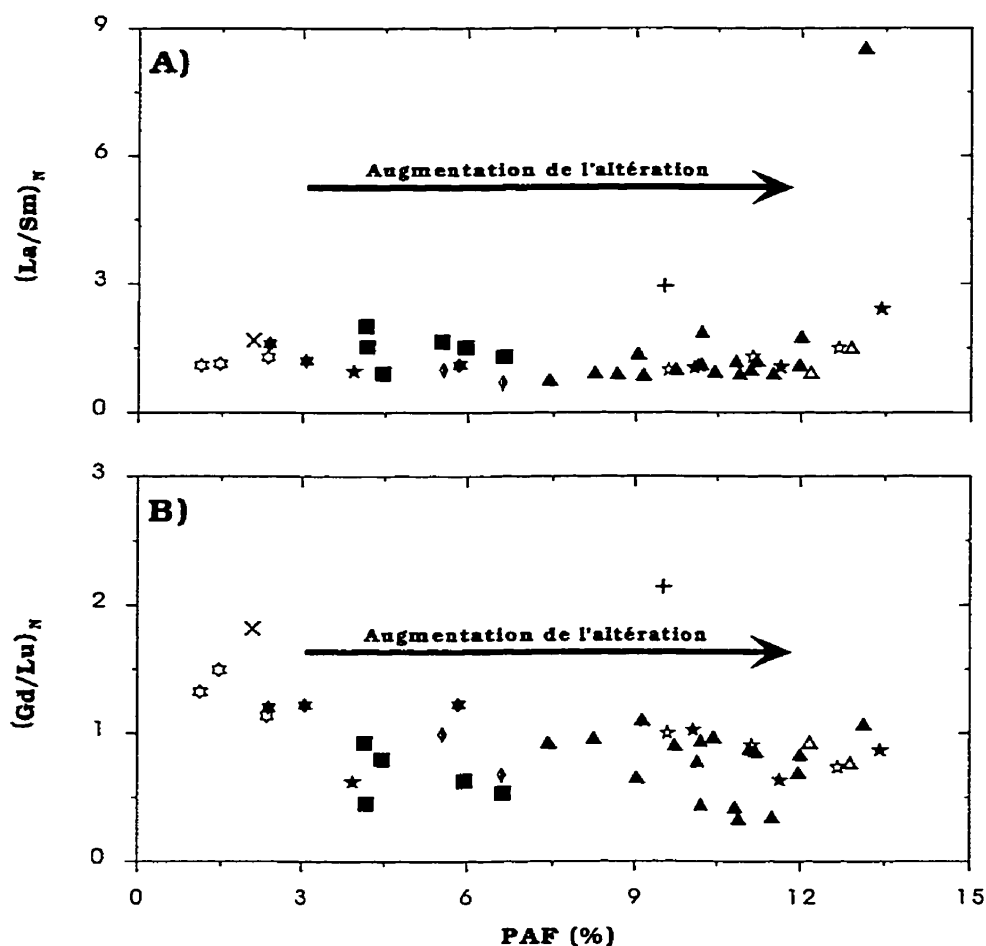


Figure 5.1 Diagrammes de covariation des terres rares en fonction de l'altération (perte au feu: PAF). (A) TR légères en fonction de la PAF. (B) TR lourdes en fonction de la PAF. Légende : se référer à la figure 5.2.

5.3 Compositions moyennes

La composition moyenne (\bar{x}) ainsi que l'écart-type (s) des différentes lithologies du CDM sont présentés au tableau 5.3. Pour quelques lithologies, l'écart-type peut être absent en raison d'un nombre insuffisant d'analyse.

Ce tableau montre que les teneurs en éléments majeurs et traces des différentes lithologies se chevauchent. Ce phénomène est normal étant donné la nature transitionnelle des contacts lithologiques sur le terrain. Sur la base des nombres Mg# et Cr#, des teneurs en Ni et des abondances en Y et Zr, les roches du CDM peuvent se subdiviser en deux groupes distincts, soit les roches ultramafiques de la ZU et celles mafiques. Les roches ultramafiques sont caractérisées par des nombres Mg et Cr et des teneurs en Ni beaucoup plus élevées. Également, les teneurs en Y et Zr sont plus élevées dans les dykes que dans la ZU. En plus de la ZU, le CDM comprend des masses gabbroïques et des dykes de gabbros qui recoupent la ZU et la tonalite adjacente. Sur une base pétrographique, nous ne pouvons pas distinguer ces deux types de gabbros. Toutefois, le nombre Mg et les teneurs en Ni sont plus élevés dans les masses gabbroïques tandis que les concentrations en Y, Zr sont plus élevées dans les dykes de gabbros. Nous discuterons, dans une autre section de ce chapitre, de la consanguinité de ces gabbros avec les roches ultramafiques du Complexe de Menarik.

Tableau 5.3 Compositions moyennes des différentes lithologies du CDM

Unité	Chr		Chr Sil		Du		Harzb		Harzb à chro		Lherz		Lherz à chro		Per	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
%																
SiO ₂ (%)	11,23	2,25	17,40	4,61	39,29	-	44,24	1,77	36,55	5,24	43,38	0,58	41,45	2,79	38,90	-
Al ₂ O ₃	12,93	1,99	11,99	3,22	1,03	-	2,29	1,10	5,52	1,96	3,11	1,05	3,90	1,41	0,67	-
Fe ₂ O _{3t}	22,48	4,53	24,69	4,35	12,28	-	11,19	2,02	15,90	2,39	12,92	0,52	13,31	1,85	20,01	-
Cr ₂ O ₃	35,81	4,22	25,24	4,79	0,93	-	0,93	0,58	7,92	4,72	0,92	0,67	3,10	2,92	1,58	-
MgO	16,19	1,83	18,89	3,58	46,04	-	39,40	4,02	32,50	3,59	37,58	1,42	35,62	3,90	37,42	-
CaO	0,24	0,40	0,81	0,74	0,05	-	1,61	3,14	1,08	0,64	1,67	0,43	2,22	1,60	1,10	-
MnO	0,55	0,18	0,44	0,14	0,18	-	0,12	0,05	0,20	0,07	0,19	0,03	0,16	0,03	0,14	-
Na ₂ O	0,11	0,01	0,11	0,00	0,12	-	0,11	0,04	0,10	0,04	0,07	0,08	0,08	0,05	0,12	-
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	-	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	-
TiO ₂	0,30	0,12	0,30	0,13	0,04	-	0,07	0,03	0,18	0,06	0,13	0,06	0,12	0,07	0,02	-
P ₂ O ₅	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	-	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	-
V ₂ O ₅ (%)	0,13	0,03	0,10	0,07	0,01	-	0,01	0,00	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	-
Fe ₂ O _{3c} (%)	1,24	0,20	1,39	0,63	0,08	-	0,35	0,36	1,01	0,50	0,72	0,50	0,67	0,47	0,05	-
FeO _c (%)	10,06	1,60	11,22	5,06	0,68	-	2,86	2,92	8,17	4,07	5,83	4,01	5,41	3,82	0,44	-
Mg#	61,39	7,18	62,44	6,65	89,19	-	88,45	2,44	81,59	3,86	86,48	0,70	85,32	2,66	80,45	-
Cr#	64,99	4,68	58,97	5,81	37,76	-	23,33	10,14	45,63	8,58	15,75	8,30	30,55	14,20	61,39	-
Cr/Fe	1,75	0,46	1,10	0,26	0,08	-	0,09	0,05	0,50	0,25	0,08	0,08	0,23	0,20	0,08	-
Ni (ppm)	1464	676	1843	869	1900	-	2319	1108	1771	522	1579	134	1756	439	698	-
Cu	69	80	418	600	10	-	955	1412	401	507	45	56	305	307	9	-
Zn	670	496	410	312	69	-	52	23	138	72	80	20	98	51	111	-
Co	199	64	205	83	146	-	144	22	141	25	149	23	132	17	73	-
Sc	11	4	13	4	7	-	11	2	12	1	13	2	13	3	4	-
V	816	274	638	249	38	-	51	17	213	95	64	25	129	81	29	-
Y	6	3	5	4	n.d.	-	4	2	3	2	3	1	4	2	3	-
Zr (ppm)	8	3	9	4	4	-	9	5	11	5	10	4	12	4	5	-
n	11		30		1		10		31		6		10		1	

Fe2O3_c = 10% Fe₂O_{3t}
 FeO_c = 90% Fe₂O_{3t}
 Mg # = Mg / (Mg + Fe²⁺)
 Cr # = Cr / (Cr + Al)
 Cr/Fe = Cr / (Fe²⁺ + Fe³⁺)
 n = nombre d'analyses
 X = moyenne
 S = écart-type

Tableau 5.3 Compositions moyennes des différentes lithologies du CDM (suite).

Unité	Webst OI		Webst OI à chro		Webst		Pyrox (D)		Pyrox à MG (D)		Gab		Gab (D)	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
%														
SiO ₂ (%)	48.70	1.83	30.59	-	56.87	-	48.76	3.29	26.16	1.33	49.78	1.20	49.02	1.70
Al ₂ O ₃	3.95	1.75	8.78	-	1.71	-	7.30	1.55	16.93	0.10	15.78	1.04	14.72	0.55
Fe ₂ O ₃	10.85	1.75	13.60	-	7.63	-	10.28	1.77	27.64	4.54	9.48	3.76	14.11	1.94
Cr ₂ O ₃	0.69	0.33	15.69	-	0.46	-	0.25	0.09	0.08	0.02	0.08	0.06	0.04	0.01
MgO	32.12	6.00	28.60	-	22.35	-	22.42	4.29	25.06	2.72	10.23	1.68	7.27	1.37
CaO	3.21	2.32	1.14	-	10.60	-	9.38	2.27	0.08	0.09	11.62	2.15	10.53	2.77
MnO	0.14	0.05	0.16	-	0.17	-	0.21	0.04	0.22	0.06	0.17	0.05	0.22	0.03
Na ₂ O	0.14	0.03	0.11	-	0.10	-	0.46	0.34	0.11	0.00	1.66	0.75	2.26	1.19
K ₂ O	0.01	0.01	0.01	-	0.01	-	0.14	0.13	0.01	0.00	0.25	0.18	0.58	0.40
TiO ₂	0.16	0.10	0.24	-	0.09	-	0.50	0.19	1.49	0.16	0.48	0.37	1.12	0.42
P ₂ O ₅	0.02	0.01	0.01	-	0.01	-	0.28	0.10	0.13	0.08	0.04	0.03	0.09	0.05
V ₂ O ₅ (%)	0.01	0.01	0.05	-	0.00	-	0.02	0.02	0.09	0.02	0.03	0.02	0.05	0.02
Fe ₃ O ₄ (%)	0.36	0.16	0.80	-	0.73	-	0.72	0.17	1.53	0.00	1.53	0.11	1.44	0.05
FeO _x (%)	2.91	1.34	6.49	-	5.89	-	5.62	1.38	12.39	0.00	12.39	0.88	11.64	0.42
Mg#	86.36	3.16	82.73	-	86.57	-	82.18	5.51	66.56	6.07	70.48	10.96	52.89	8.29
Cr#	13.90	13.76	54.51	-	15.33	-	2.29	0.80	0.31	0.06	0.35	0.23	0.17	0.06
Cr/Fe	0.07	0.05	1.21	-	0.06	-	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Ni (ppm)	1141	351	1400	-	786	-	880	233	265	9	207	83	132	21
Cu	51	37	678	-	25	-	31	25	n.a.	n.a.	42	22	141	151
Zn	66	5	107	-	61	-	87	40	74	13	72	32	77	14
Co	111	12	61	-	97	-	74	10	137	45	50	13	54	3
Sc	17	5	13	-	10	-	22	8	69	1	42	9	44	3
V	79	11	261	-	39	-	111	34	331	52	162	67	265	32
Y	6	1	9	-	3	-	11	2	18	9	12	8	24	10
Zr (ppm)	14	4	n.d.	-	7	-	63	11	68	11	28	21	68	32
n				1		1		8		2		5		7

Fe₂O₃ = 10% Fe₂O₃

FeO_x = 90% Fe₂O₃

Mg# = Mg / (Mg + Fe)

Cr# = Cr / (Cr + Al)

Cr/Fe = Cr / (Fe²⁺ + Fe³⁺)

n = nombre d'analyses

x = moyenne

s = écart-type

5.4 Diagrammes de variations des éléments majeurs et traces

Les diagrammes de variations pour les éléments majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ et PAF) et les éléments traces (Cu, Zn, Ni, Co, V, Sc, Ba, Sr, Y et Zr) des roches du Complexe de Menarîk sont utilisés pour examiner l'évolution des différents éléments au cours de la différenciation magmatique du complexe. Les symboles utilisés pour l'ensemble du chapitre sont présentés à la figure 5.2.

Sur ces diagrammes, le MgO est utilisé comme indice de différenciation magmatique. Pour des roches ultramafiques et mafiques, cet indice permet d'évaluer l'influence du fractionnement des minéraux ferromagnésiens lors de la différenciation magmatique. Pour faciliter l'interprétation de ces diagrammes, nous avons projeté la composition de minéraux communs dans les roches ultramafiques (Ol, Chro, Opx, Cpx). Étant donné que les roches du CDM ne possèdent pas de minéraux primaires préservés (à l'exception de la chromite), la composition des minéraux provient des roches komatiitiques de l'Abitibi (Barnes, 1985). Sur ces graphiques, l'accumulation préférentielle d'une phase comme l'olivine et la chromite se traduit par un changement compositionnel qui tend à se traduire par une composition des phases minérales accumulées. Dans le cas extrême de roches monominéraliques, comme les dunites ou les chromitites, la composition de la roche a tendance à se confondre à celle du minéral.

SiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 et TiO_2

Les concentrations de ces oxydes varient d'une façon homogène lorsque comparées aux teneurs en MgO (Figures 5.3A-B-C-D-E-F). Conséquemment, il est probable que la distribution de ces éléments soit principalement régie par l'accumulation de la chromite et de l'olivine. De moindre importance, l'accumulation de l'orthopyroxène (ou du Cpx) peut influencer la ligne de différenciation magmatique en rapprochant la composition des cumulats du pôle de l'Opx. Sur ces diagrammes, l'accumulation du clinopyroxène semble peu influencer la composition chimique des roches ultramafiques. Toutefois, ce minéral semble avoir une importance plus considérable lors de la différenciation des roches gabbroïques et

des pyroxénites. La teneur en TiO_2 reflète la précipitation d'oxyde dans les roches riches en chromites et la précipitation d'oxyde de Fe-Ti dans les roches mafiques.

Alcalis (Na_2O et K_2O)

La concentration en éléments alcalins (Figure 5.3G) est très faible dans les roches ultramafiques du CDM. Cette situation normale est attribuable au fait que les minéraux ferromagnésiens incorporent peu les éléments alcalins dans leurs structures cristallines lors de la cristallisation et ségrégation à basse pression. À l'opposé, les teneurs en éléments alcalins augmentent beaucoup dans les gabbros. Contrairement aux roches ultramafiques, les roches gabbroïques contiennent des minéraux comme le plagioclase qui peut incorporer le sodium et le potassium.

PAF

La perte au feu (PAF) varie en fonction de la lithologie rencontrée (Figure 5.3H). La PAF est plus élevée dans les dunites et diminue graduellement dans les roches ultramafiques avec l'augmentation de la proportion de pyroxène et la baisse du MgO . Compte tenu de l'absence de serpentinitisation dans les gabbros, ces roches présentent une faible perte au feu.

Cu, Zn

Les concentrations en Cu (Figure 5.3I) et en Zn (Figure 5.3J) des roches du CDM sont généralement faibles. Cependant, les teneurs en ces éléments augmentent, de façon importante, dans les roches riches en chromite. Parmi les roches riches en chromite, les chromitites à silicate tendent à être systématiquement enrichies en Cu. N'ayant pas de grandes affinités pour les minéraux ferromagnésiens, les teneurs élevées en Cu s'expliquent par la présence de sulfures et tout particulièrement dans les nodules silicatées des chromitites à silicate. Contrairement au Cu, les teneurs en Zn sont associées à la proportion modale de chromite dans la roche.

Ni, Co

Les éléments de transition comme le Ni (Figure 5.3K) et le Co (Figure 5.3L) ont une très forte affinité pour les minéraux ferromagnésiens. Le nickel et le cobalt sont préférentiellement incorporés dans l'olivine. Les faibles abondances en Ni et en Co observées dans les gabbros sont reliées à un degré de différenciation élevé des magmas gabbroïques. Cette différenciation se traduit par l'absence ou à la rareté de l'olivine dans ces lithologies. Certains échantillons ne sont pas régis par la différenciation de la série. Cette tendance aléatoire peut être reliée à la présence de sulfures de nickel et de cobalt souvent observés dans les chromitites et les chromitites à silicate.

Sc, V

Le vanadium possède une très forte affinité pour les spinelles magmatiques (Figure 5.3M). La distribution du vanadium dans les roches ultramafiques du CDM serait alors contrôlée par l'abondance de la chromite. Ceci se traduit par un coefficient de distribution pouvant atteindre 38 selon Niu et al. (1996). Compte tenu du coefficient de distribution du Sc entre le Cpx et le liquide ($K_d = \sim 3$) (Niu et al., 1996), le scandium a une forte affinité pour le clinopyroxène. Ceci suggère que la distribution du Sc dans les roches du CDM doit être intimement liée à la présence de ce minéral (Figure 5.3N). La faible teneur en Sc confirme l'intervention minimale du clinopyroxène. On remarque que les teneurs en Sc sont d'environ 10 ppm pour toutes les roches de la ZU et légèrement supérieures pour les webstérites à olivine, les webstérites et certaines chromitites et chromitites à silicate (~ 20). Les gabbros et les dykes de pyroxénites montrent des teneurs beaucoup plus élevées en Sc qui reflète, entre autres, l'abondance du Cpx dans ces roches.

Ba, Sr

Les concentrations en Ba (Figure 5.3O) et Sr (Figure 5.3P) sont généralement très faibles dans les roches du CDM. Le contenu en Ba et Sr est beaucoup plus élevé dans les roches gabbroïques. Certains échantillons de roches ultramafiques contiennent des concentrations appréciables en Sr et plus rarement en Ba. Ces échantillons sont probablement associés à la présence de minéraux carbonatés dans plusieurs des chromitites à silicate.

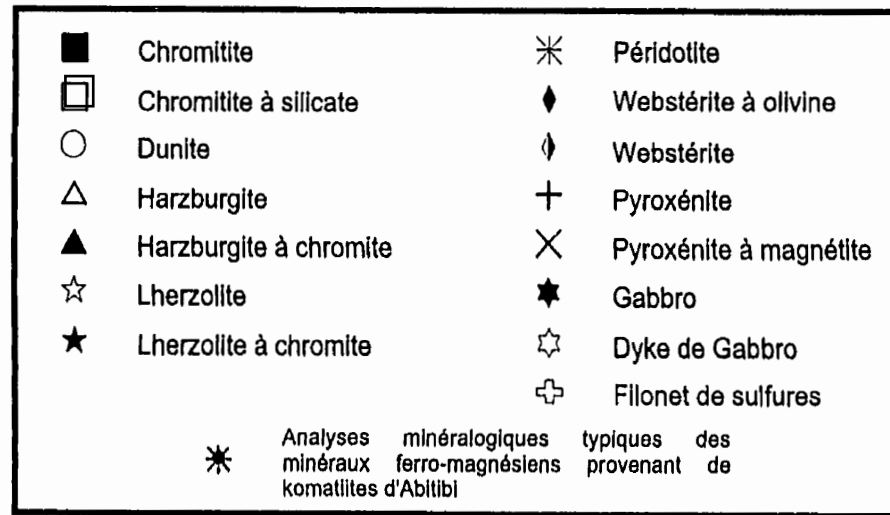


Figure 5.2 Symboles utilisés dans les diagrammes de variations.

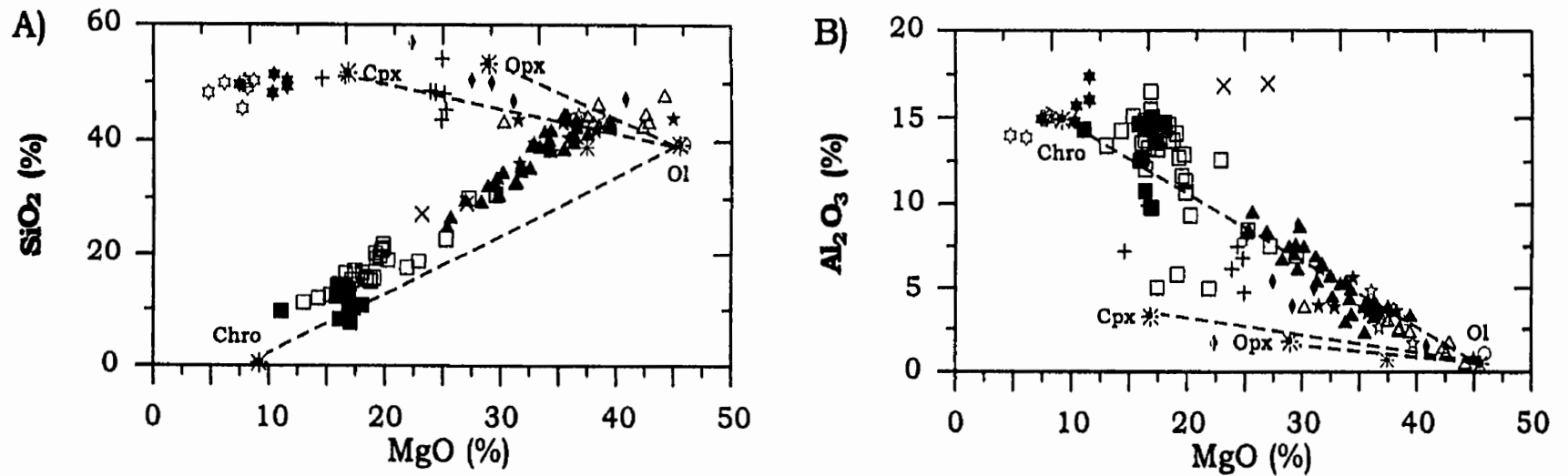


Figure 5.3 Diagrammes de variations des teneurs en éléments majeurs et traces des roches du CDM, en fonction du MgO. (A) SiO₂ vs MgO. (B) Al₂O₃ vs MgO. Légende : se référer à la figure 5.2.

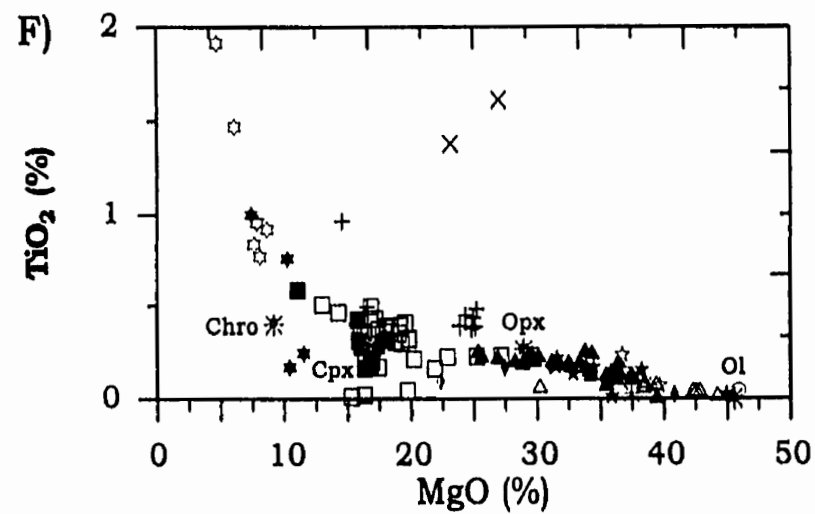
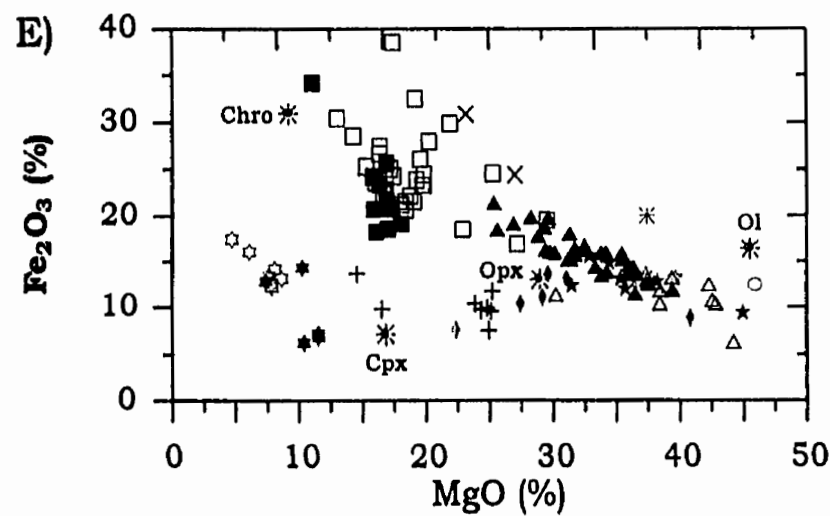
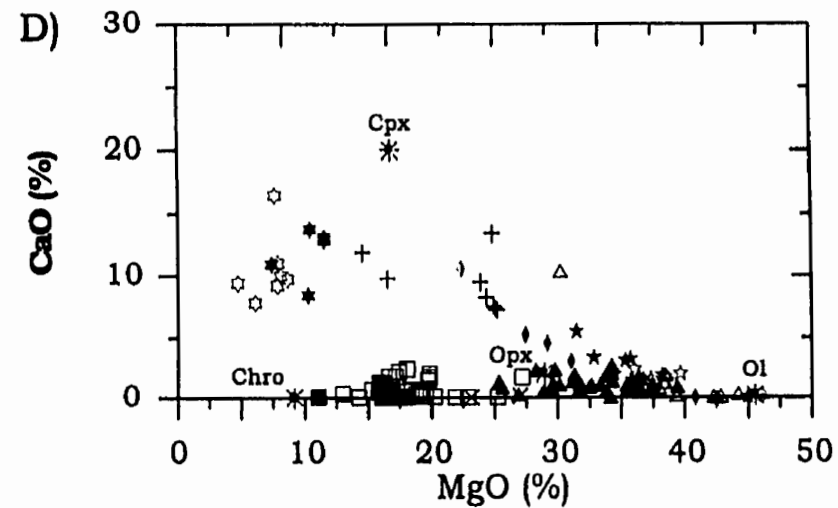
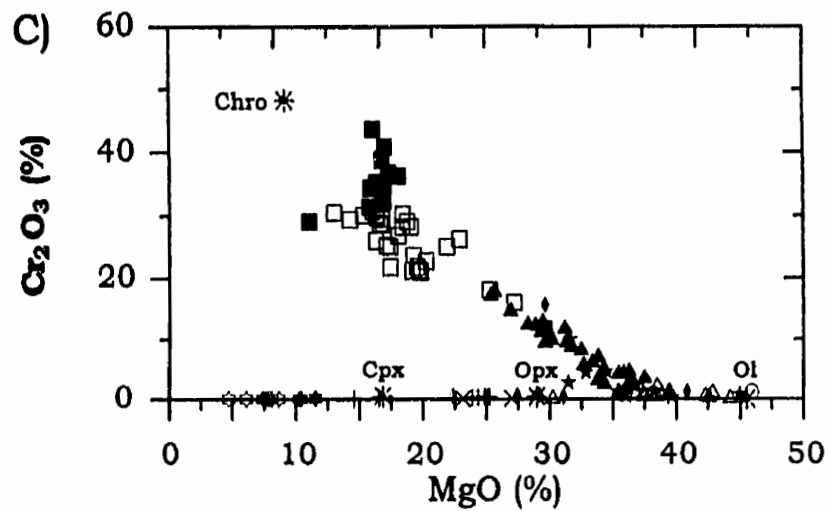


Figure 5.3 (suite) Diagrammes de variations des teneurs en éléments majeurs et traces des roches du CDM, en fonction du MgO. (C) Cr₂O₃ vs MgO. (D) CaO vs MgO. (E) Fe₂O₃ vs MgO. (F) TiO₂ vs MgO. Légende: se référer à la figure 5.2.

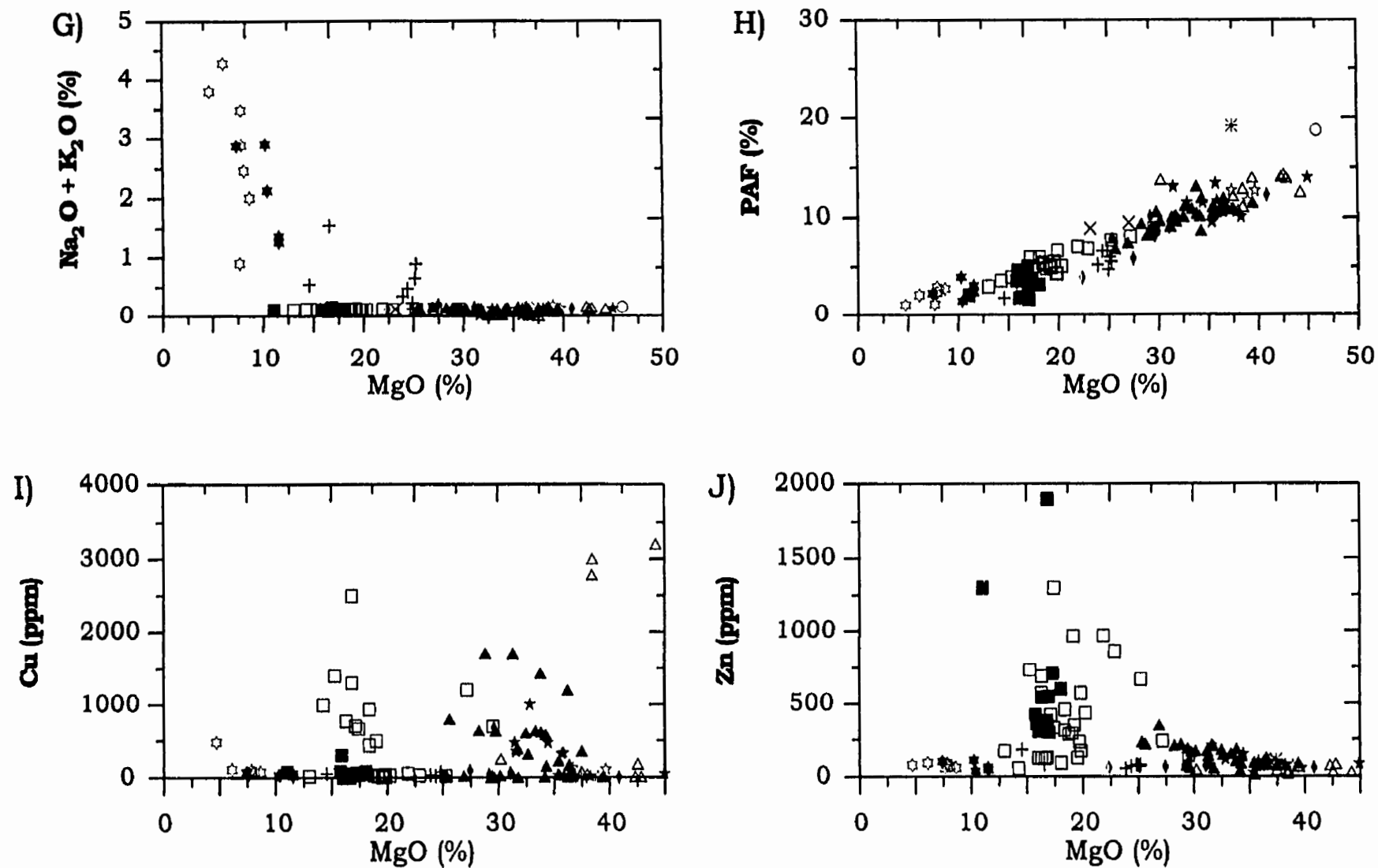


Figure 5.3 (suite) Diagrammes de variations des teneurs en éléments majeurs et traces des roches du CDM, en fonction du MgO. (G) Na₂O et K₂O vs MgO. (H) PAF vs MgO. (I) Cu vs MgO. (J) Zn vs MgO. Légende: se référer à la figure 5.2.

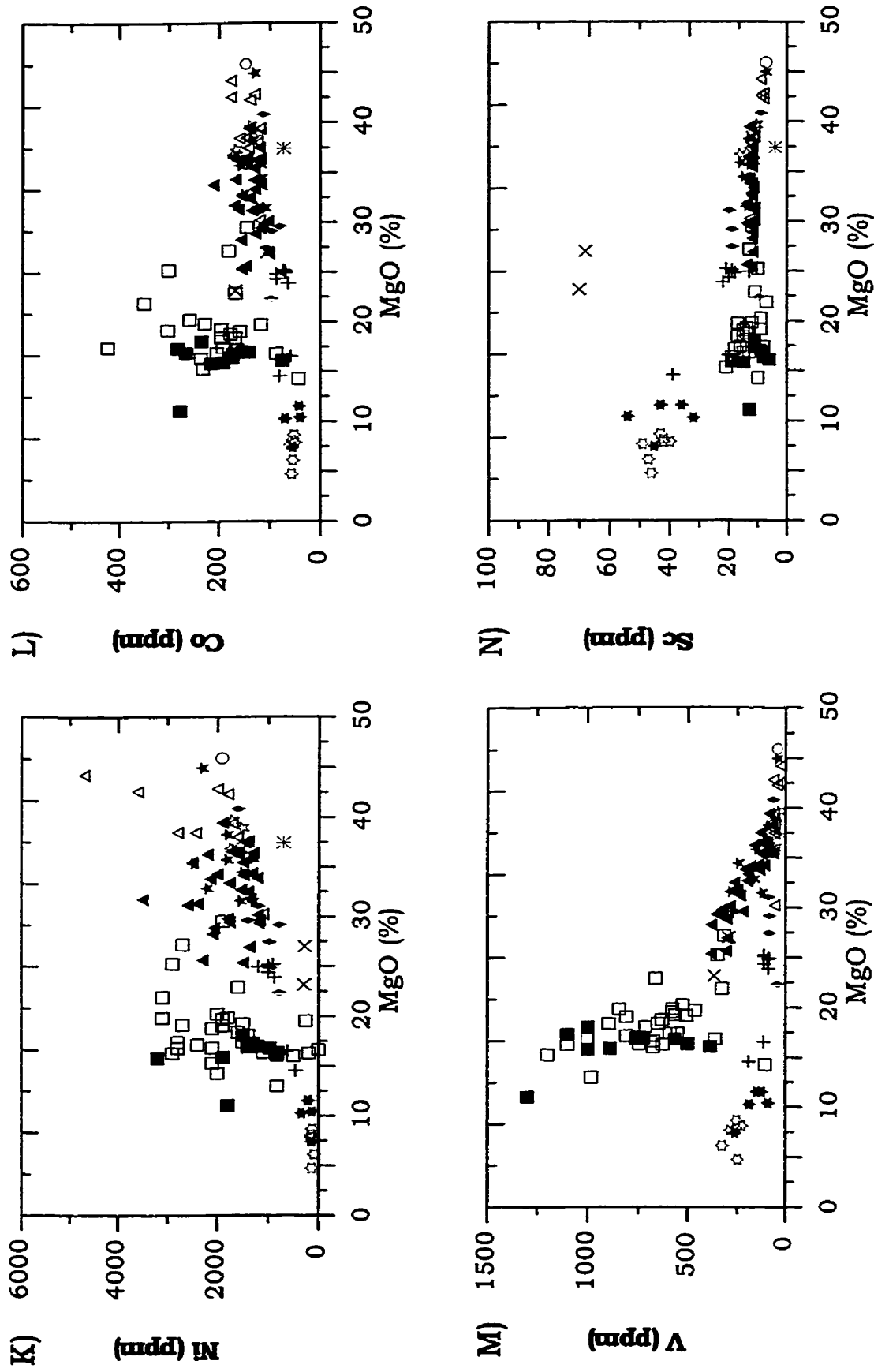


Figure 5.3 (suite) Diagrammes de variations des teneurs en éléments en traces des roches du CDM, en fonction du MgO. (K) Ni vs MgO. (L) Co vs MgO. (M) V vs MgO. (N) Sc vs MgO. Légende: se référer à la figure 5.2.

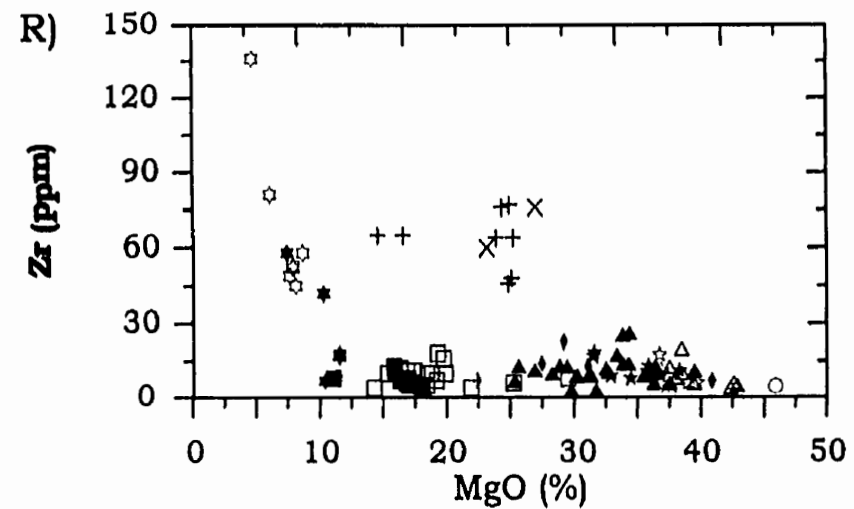
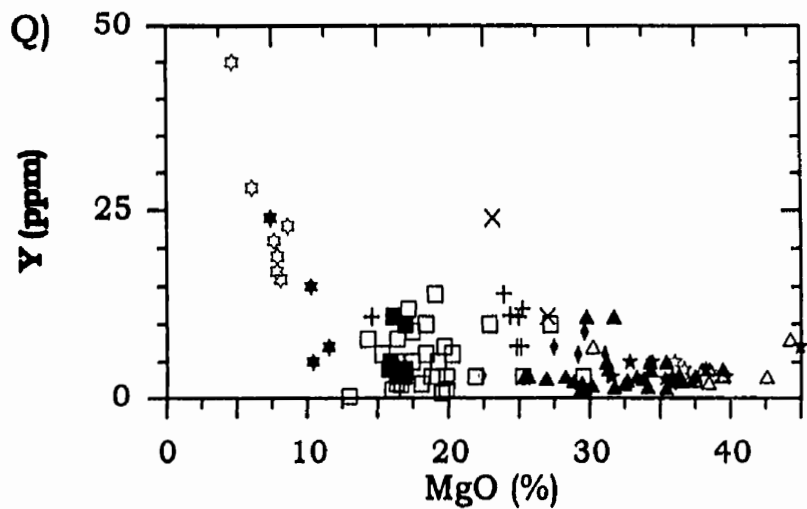
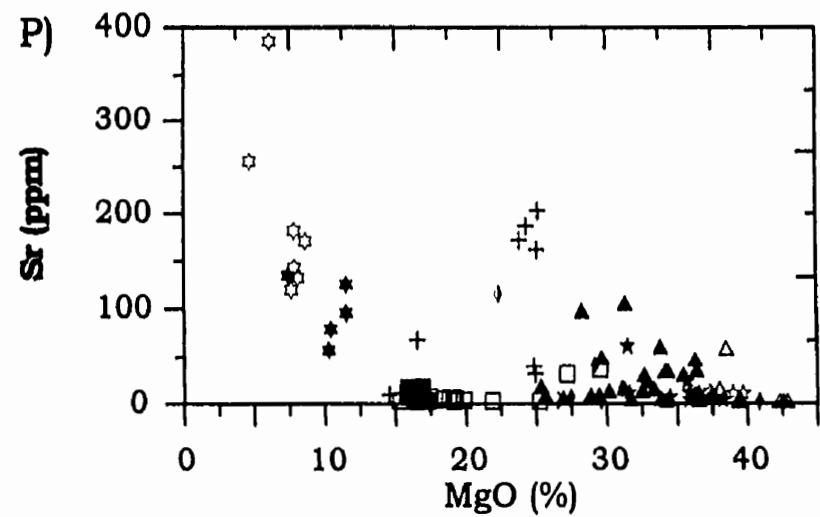
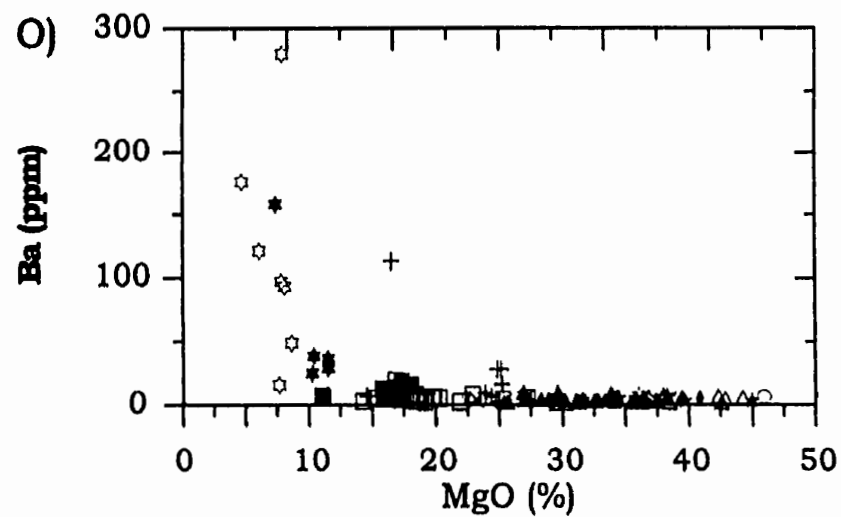


Figure 5.3 (suite) Diagrammes de variations des teneurs en éléments traces des roches du CDM, en fonction du MgO. (O) Ba vs MgO. (P) Sr vs MgO. (Q) Y vs MgO. (R) Zr vs MgO. Légende: se référer à la figure 5.2.

Zr, Y

L'Y (Figure 5.3Q) et le Zr (Figure 5.3R) sont des éléments incompatibles qui sont normalement exclus de la structure cristalline des minéraux de la ZU. Les éléments traces tendent plutôt à se concentrer dans les liquides interstitiels. Les abondances en Zr et Y sont généralement faibles pour les roches ultramafiques (moins de 25 ppm) et plus enrichies dans les roches mafiques. À l'intérieur de la séquence ultramafique, les diagrammes de variations illustrent que le Zr et le Y semblent peu dépendants du degré de différenciation.

L'évolution géochimique des roches mafiques et ultramafiques du CDM peut se résumer en trois étapes:

- I) Épisode magmatique principal dominé par un fractionnement important de la chromite et de l'olivine qui forme les roches ultramafiques (chromitites, dunités, harzburgites et lherzolites);
- II) Épisode magmatique dominé par le fractionnement de l'orthopyroxène, de l'olivine et de la chromite (webstérites à olivine et webstérites);
- III) Épisode magmatique dominé par le fractionnement de pyroxènes et du plagioclase (pyroxénites et gabbros).

5.5 Spectres des terres rares (TR)

Les terres rares (ou lanthanides) contenues dans les roches mafiques et ultramafiques sont des éléments traces utiles pour modéliser les différents processus magmatiques. Lors de la fusion partielle d'une source mantellique ou de la cristallisation fractionnée de magmas, ces éléments incompatibles tendent à se concentrer dans le liquide magmatique. À l'exception de l'euporium, qui est un élément un peu plus compatible dans le plagioclase, les autres TR trivalentes sont des éléments incompatibles dans les principales phases cumulus des magmas mafiques et ultramafiques (olivine, orthopyroxène, plagioclase, chromite et clinopyroxène).

Dans les magmas intermédiaires et felsiques, d'autres phases mineures peuvent concentrer les TR (monazite, zircon, sphène). Toutefois, ces minéraux accessoires n'ont pas été observés dans le CDM. En l'absence de ces phases, la concentration des TR des roches du CDM est principalement régie par la quantité de matériel postcumulus (liquide de fin de cristallisation) présent dans les roches et par l'abondance relative des pyroxènes par rapport à l'olivine et à la chromite.

La variation des spectres de TR des roches du CDM est illustrée à la figure 5.4. Dans l'ensemble, la concentration en TR de ces roches est généralement de type sub-chondritique. La comparaison entre les spectres des TR des péridotites pauvres en chromite (1 à 3 fois chondrite) (moins de 5 % de chromite) (Figures 3A et 3B) et des péridotites à chromite (1 à 3 fois chondrite) (entre 5 et 50 % de chromite) (Figures 3C et D) montre que la chromite ne fractionne pas les TR ou très peu. À ce sujet, Arndt et Leshar (1995) ont démontré que le fractionnement de la chromite, dans des magmas komatiitiques, n'affecte pas significativement la concentration en TR (le fractionnement). Toutefois, l'accumulation d'une forte proportion de chromite peut produire une forte dilution des abondances en TR d'une roche cumulative.

Dans le CDM, certaines webstérites (Figure 5.4F) sont caractérisées par des spectres fortement enrichis en TR légères (~70 fois chondrite). Ces roches, enrichies en TR légères, correspondent à des dykes ou des sills recoupant la ZU. Cet enrichissement en éléments hautement incompatibles contraste beaucoup avec celui de la webstérite qui montre un spectre sub-chondritique (~3 fois chondrite) du CDM. La signature de cette webstérite est semblable à celle de la webstérite à olivine (~3 fois chondrite) (Figure 5.4E) de la ZU. À l'opposé, les spectres de TR des chromitites à silicate (Figure 5.4G) montrent de plus grandes variations. Ces spectres varient de plats à légèrement enrichis en TR légères (~0,05 à 6 fois chondrite). Les spectres des pyroxénites à magnétite (~8 fois chondrite) sont caractérisés par un enrichissement en TR légères et une anomalie négative en Eu (Figure 5.4H). Compte tenu de la composition minéralogique de cette unité (essentiellement de la chlorite), sous certaines conditions, cette anomalie pourrait résulter de l'altération ou du métamorphisme. Les fluides hydrothermaux ou

métamorphiques peuvent changer la valence de l'Eu (de trivalent à divalent) et ainsi augmenter sa solubilité. Pour les roches gabbroïques, les masses de gabbros et les dykes de gabbros montrent des signatures en TR très distinctes. Les masses de gabbros présentent des spectres de TR plats à légèrement enrichis en (~ 3 à 7 fois chondrite) et les dykes de gabbros des spectres légèrement enrichis en TR légères et des concentrations absolues en TR beaucoup plus élevées (~ 10 à 12 fois chondrite).

Dans cette étude, les spectres de terres rares ont permis de subdiviser les roches du CDM en quatre groupes (Figure 5.5). Le premier (I) est caractérisé par des spectres légèrement appauvris en TR légères ($[La/Sm]_N = 0,69$ à $0,75$), alors que celui des TR lourdes sont relativement plats ($[Gd/Lu]_N = 0,93$ à $1,01$). Le second (II) regroupe des roches caractérisées par des spectres de TR plats et chondritiques ($[La/Sm]_N = 0,96 \pm 0,07$; pour un intervalle de $0,87$ à $1,05$ et $[Gd/Lu]_N = 0,99 \pm 0,18$; pour un intervalle de $0,68$ à $1,23$). Le troisième (III) regroupe des roches caractérisées par des spectres de TR sub-chondritiques et légèrement enrichis en TR légères ($[La/Sm]_N = 1,43 \pm 0,32$; pour un intervalle de $1,10$ à $2,40$). Les roches de ce groupe montrent des spectres de TR lourdes plats à légèrement appauvris ou enrichis ($[Gd/Lu]_N = 1,15 \pm 0,61$; pour un intervalle de $0,66$ à $1,49$). Les roches du quatrième groupe (IV) sont caractérisées par un enrichissement en TR légères. Les roches du groupe IV peuvent être subdivisées en deux sous-groupes. Les roches du sous-groupe IVA sont caractérisées par des spectres fortement enrichis en terres rares légères ($[La/Sm]_N = 2,94$ à $2,99$) et appauvris en TR lourdes ($[Gd/Lu]_N = 1,99$ à $2,14$). Les roches du sous-groupe IVB sont caractérisées par un enrichissement en TR légères moins important que pour les roches du sous-groupe IVA.

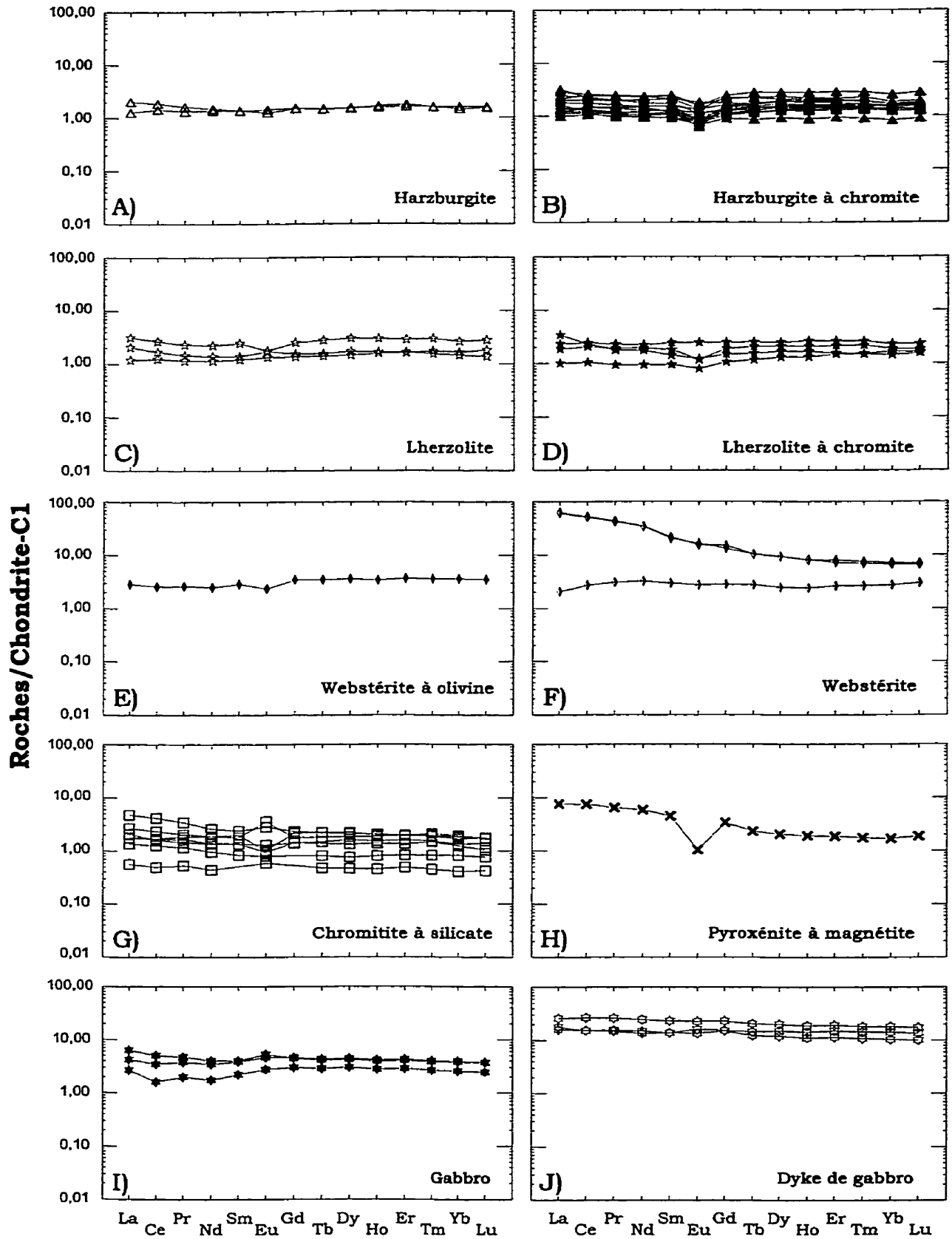


Figure 5.4 Spectres de terres rares pour les différentes lithologies du CDM.
Légende: se référer à la figure 5.2.

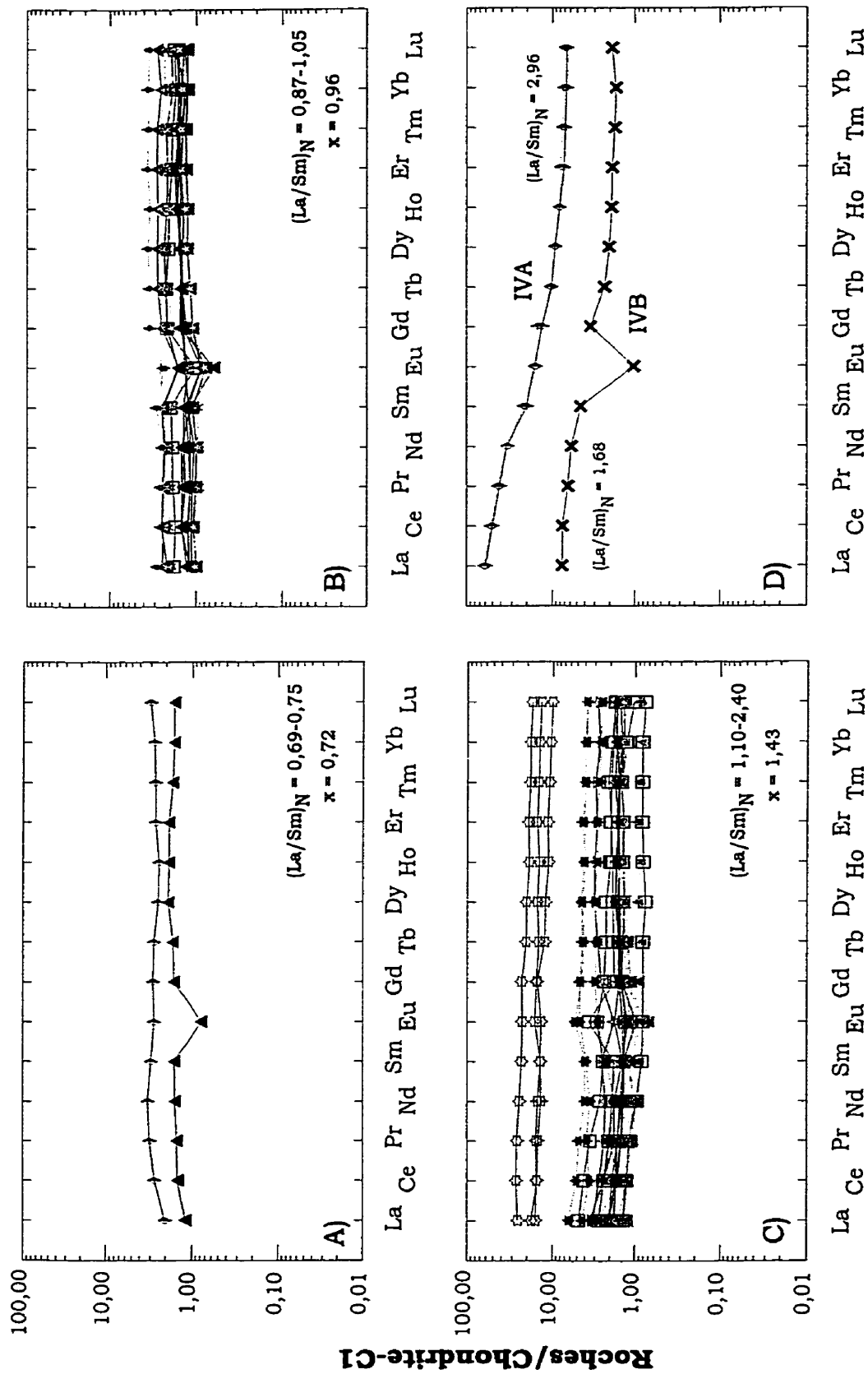


Figure 5.5 Les TR des roches du CDM montrent quatre types de spectres. (A) Spectres de TR sub-chondritiques légèrement appauvris en TR légères. (B) Spectres de TR plats chondritiques. (C) Spectres de TR sub-chondritiques légèrement enrichis en TR légères. (D) Spectres de TR fortement enrichis en TR légères. Légende: se référer à la figure 5.2.

5.6 Affinité magmatique

Le diagramme AFM (Figure 5.6A) permet d'identifier deux tendances d'évolution magmatique possibles dans les roches du CDM. Les cumulats ultramafiques montrent un faible enrichissement en fer et de faibles concentrations en alcalis par rapport au MgO. Ceci est normal pour des roches ultramafiques. Les roches pyroxénitiques (dykes qui recoupent la ZU) et les dykes gabbroïques montrent une affinité tholéïtite traduite par un enrichissement important en fer. Cet enrichissement résulte de l'apparition précoce du plagioclase dans la séquence de cristallisation des magmas.

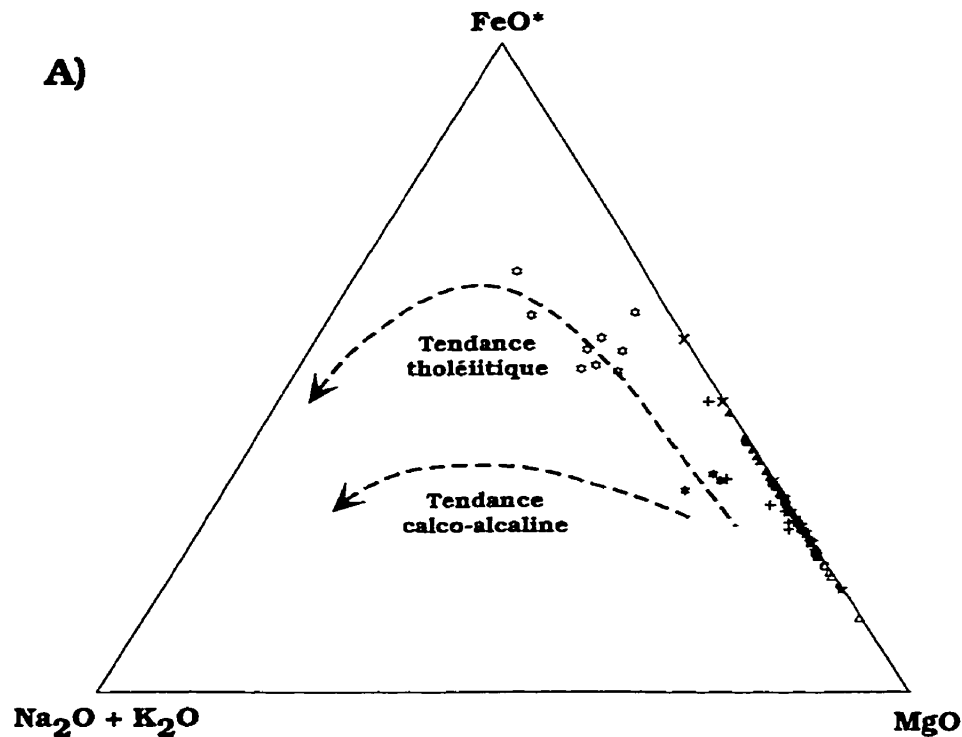


Figure 5.6 (A) Diagramme AFM des cumulats et des dykes de la région du Menarik (modifié de Irvine et Baragar, 1971). Légende : se référer à la figure 5.2.

Le diagramme cationique de Jensen permet de subdiviser les différents types de roches effusives selon les pôles Mg-Fe + Ti-Al. Bien qu'il n'a pas été conçu pour les roches cumulatives comme celles du CDM, il est tout de même intéressant de comparer les roches du CDM, les dykes pyroxénitiques et les dykes gabbroïques

avec les compositions de komatiites et de basaltes komatiitiques (Figure 5.6B). Les roches ultramafiques du CDM et les dykes pyroxénitiques montrent une affinité komatiitique bien que les dykes de pyroxénites sont généralement moins magnésiens que les roches du CDM. Les masses gabbroïques, les dykes de gabbros et les dykes de pyroxénitiques montrent une affinité de basalte komatiitique. Cependant, l'affinité des masses de gabbros et des dykes de gabbros semble être distincte l'une de l'autre. Les masses de gabbros montrent une affinité de basalte komatiitique à tendance komatiitique tandis que les dykes de gabbros montrent une affinité de basalte komatiitique à tendance tholéitique.

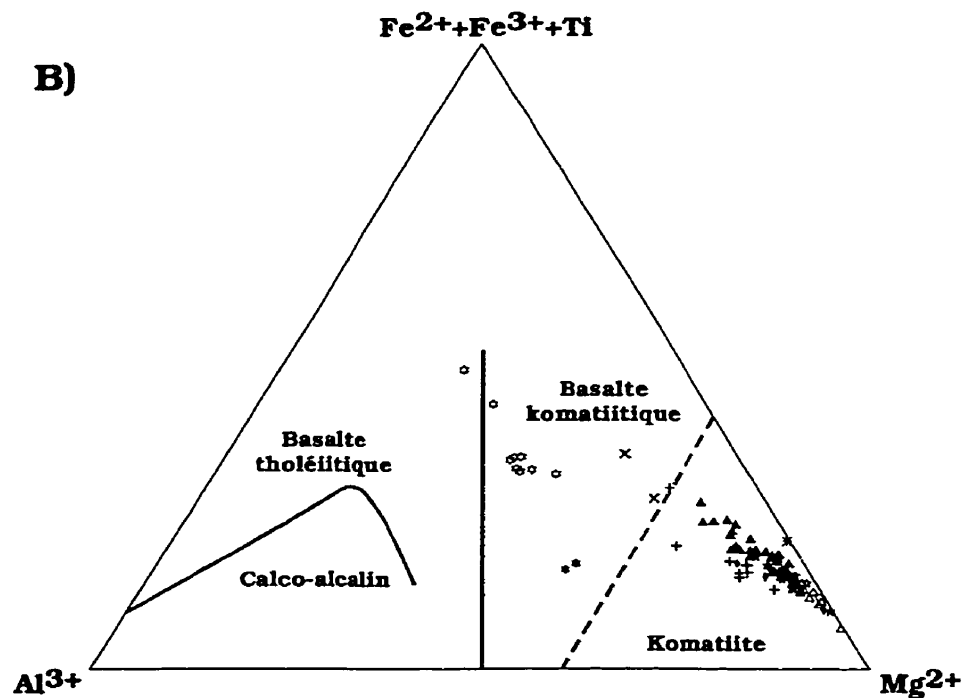


Figure 5.6 (B) Diagramme cationique de Jensen des cumulats et des dykes de la région du Menarik (modifié de Jensen, 1976).). Légende : se référer à la figure 5.2.

5.7 Consanguinité des roches magmatiques du CDM

Les éléments incompatibles sont utilisés pour déterminer l'affinité magmatique de un ou plusieurs groupes de roches ou encore pour déterminer si un groupe de roches magmatiques dérive d'un même magma parental. Comme ces

n'entrent pas (ou peu) dans les principaux minéraux (Ol, Chro, Opx, Cpx) des roches mafiques et ultramafiques, les rapports entre deux de ces éléments devraient rester relativement constants au cours de la différenciation magmatique (Rollinson, 1993).

La figure 5.7 montre les évolutions de différents éléments incompatibles (Y) ou rapports d'éléments incompatibles (Zr/Y , $[La/Ce]_N$, $[La/Sm]_N$, $[Zr/Sm]_N$) en fonction de l'abondance en zirconium qui est utilisé comme indice de différenciation magmatique. Ces diagrammes ne permettent pas de subdiviser, sans équivoque, les différents types de roches du CDM (ZU, gabbros, dykes de gabbros et dykes pyroxénites). La figure 5.7A et 5.7B ne permettent pas de distinguer plusieurs tendances magmatiques. Du moins, ces figures suggèrent tout de même que les roches ultramafiques et les masses gabbroïques semblent associées à une même évolution magmatique tandis que les dykes de gabbros et de pyroxénites semblent associés à une tout autre évolution magmatique. Les rapports (Figures 5.7C-D) ne montrent pas de variation systématiques. On remarque que pour des teneurs semblables d'un élément incompatible comme le Zr, les roches du CDM peuvent montrer de grandes variations des rapports Zr/Sm qui suggère la présence de plusieurs types de magmas dans le CDM. Ces diagrammes montrent également que les roches ultramafiques et les gabbros sont caractérisées par de faibles concentrations de Zr (< 5 ppm) tandis que les dykes de pyroxénites sont caractérisées par des concentrations beaucoup plus élevées (~18 ppm). Les dykes de gabbros montrent des concentrations intermédiaires (~10 ppm) entre les roches du CDM et les dykes de pyroxénites. Bien que les éléments incompatibles disponibles ne permettent pas d'établir d'une façon certaine la consanguinité des gabbros et des roches de la ZU, les observations de terrains (litage magmatique) couplées à la géochimie des éléments traces (spectres chondritiques, éléments incompatibles) suggèrent que les masses gabbroïques font partie intégrante du CDM (Figure 5.7F). À l'opposé, l'affinité géochimique des dykes de gabbros, de pyroxénites et de pyroxénite à magnétite sont distincte de celle de la ZU.

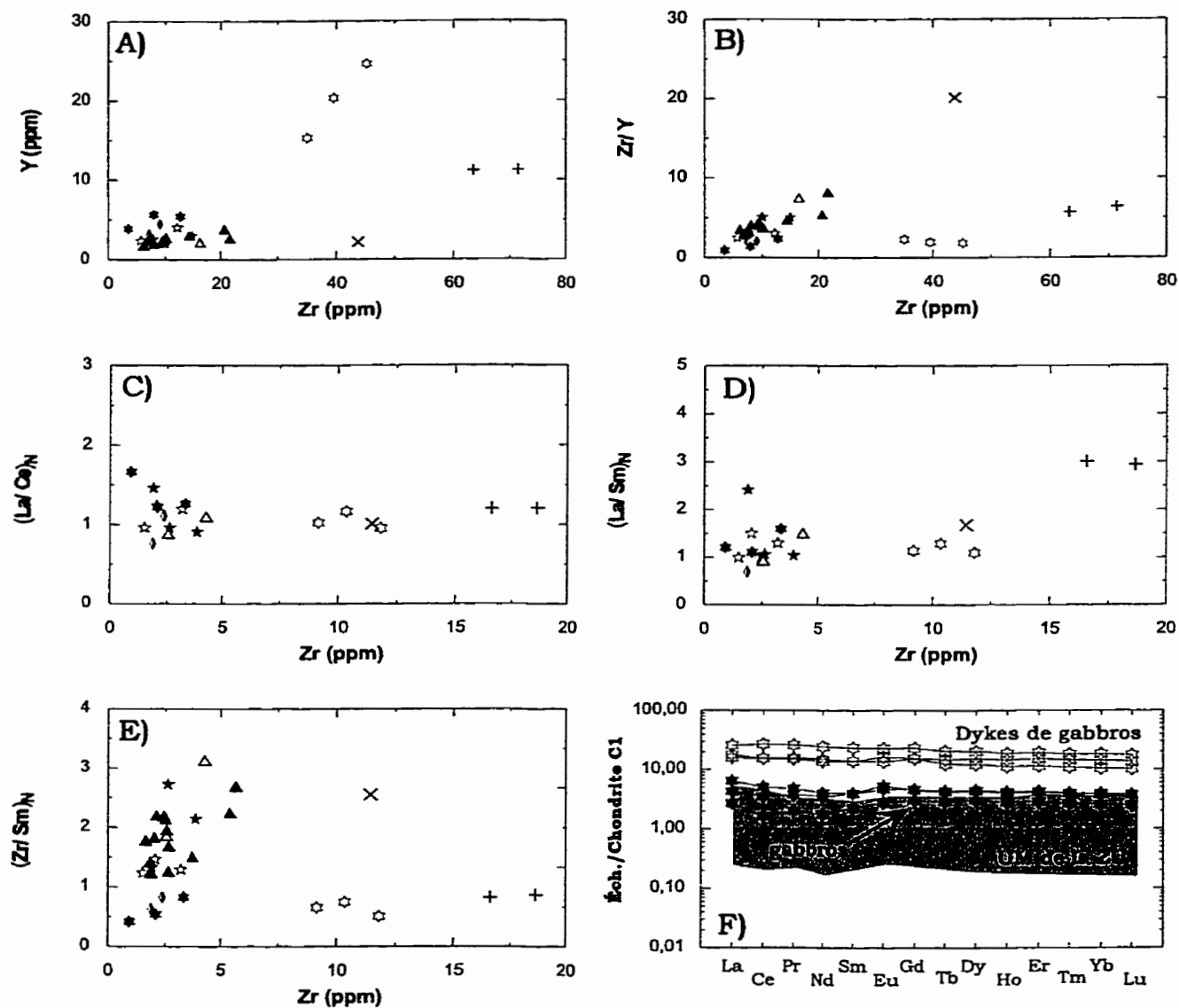


Figure 5.7 Digrammes de variations des éléments incompatibles pour les différentes lithologies du CDM. (A) Y vs Zr. (B) Zr/Y vs Zr. (C) (La/Ce)_N vs Zr. (D) (La/Sm)_N vs Zr. (E) (Zr/Sm)_N vs Zr. (F) Spectres des TR pour les gabbros et les dykes gabbroïques. Zone ombragée: péridotites de la ZU. Légende: se référer à la figure 5.2.

5.8 Éléments du groupe du platine, Ni et Cu

Plusieurs échantillons du CDM ont fait l'objet d'analyses pour les platinoïdes. Dans cette étude, il est ressorti que les roches ultramafiques de la ZU sont généralement enrichies en ÉGP comparativement aux roches pyroxénitiques et gabbroïques du CDM.

Les teneurs moyennes ainsi que les teneurs minimales et maximales, pour les différentes lithologies du CDM, sont présentées au tableau 5.4. Malgré la quantité limitée de données pour plusieurs lithologies, nous pouvons tirer des observations intéressantes de ce tableau. En excluant les échantillons de filonets de sulfures, les chromitites et les chromitites à silicate sont des roches où la somme des concentrations moyennes en ÉGP ($\Sigma\text{ÉGP}$) est la plus importante (respectivement 991 ppb et 1404 ppb). Les lherzolites, les lherzolites à chromite et les webstérites sont les lithologies les moins platinifères avec des concentrations moyennes ($\Sigma\text{ÉGP}$) inférieures à 185 ppb. Malgré une grande variabilité de concentrations, les harzburgites et les harzburgites à chromite sont des lithologies localement très enrichies en ÉGP totaux. Les webstérites à olivine et à chromite montrent également des teneurs totales en ÉGP élevées (804 ppb). La variabilité des concentrations en platinoïdes, de ces différentes lithologies du CDM, est intimement liée à leur position stratigraphique (voir section 5.9).

Il est important de souligner que, même si les roches du Menarik ne sont pas toutes riches en platinoïdes, elles présentent toutes des concentrations anormales. Par exemple, la webstérite du CDM montre une concentration de 117 ppb comparativement à seulement 9 ppb en $\Sigma\text{ÉGP}$ pour la webstérite qui recoupe le CDM et ceci malgré leur similitude pétrographique.

L'étude des spectres d'ÉGP dans les différentes lithologies du CDM a permis d'identifier de grandes variations dans les signatures en ÉGP des roches du CDM (Figure 5.8). Lorsqu'ils sont normalisés au manteau, la majorité des spectres montre des appauvrissements en Ni, Cu et des anomalies négatives plus ou moins importantes, en Pt par rapport au Pd et au Rh.

Les chromitites et les chromitites à silicate montrent des spectres caractérisés par une légère pente positive et un appauvrissement important des teneurs en Ni et en Cu par rapport aux concentrations en ÉGP (Figures 5.8A-B). Dans ces roches, les concentrations en Os et Ir sont enrichies de 10 à 20 fois par rapport aux concentrations en Os et Ir du manteau tandis que les autres ÉGP montrent des concentrations nettement supérieures (~20 à 600 fois les valeurs observées dans le manteau). Dans les chromitites à silicate, on remarque un découplage au niveau du Cu qui ne semble pas associé à des teneurs particulières en ÉGP (Figure 5.8B). Ce découplage est probablement causé par les sulfures de cuivre dans les nodules silicatées des différents horizons de chromitites à silicate.

Les harzburgites et les harzburgites à chromites montrent des spectres plats ou une légère pente positive (causée principalement par les teneurs en Ru, pour le Ni et les I-ÉGP. Les P-ÉGP montrent quant à eux une pente positive et le Cu est appauvri par rapport au P-ÉGP (Figures 5.8C-D). Les éléments les plus chalcophiles (Rh, Pt, Pd et Cu) de ces roches montrent des spectres qui se rapprochent des chromitites et des chromitites à silicate bien que l'appauvrissement en Cu soit beaucoup moins prononcé. Dans ces roches, les concentrations des ÉGP plus compatibles (Os, Ir, Ru) sont plus faibles que celles observées dans les chromitites. Ceci est compatible avec la forte compatibilité des I-ÉGP dans le spinelle. Ces lithologies ne montrent pas d'appauvrissement en Ni. Ceci est probablement relié à la présence d'une forte proportion d'olivine cumulative dans ces roches. Les lherzolites et lherzolites à chromite montrent des spectres d'ÉGP relativement plats ou avec une légère pente positive. Dans ces roches, les concentrations en ÉGP sont beaucoup plus faibles que pour les harzburgites et harzburgites à chromite (Figures 5.8E-F).

Une différence marquée existe entre le spectre d'une webstérite appartenant à la ZU et celui d'un dyke de webstérite (Figure 5.8G). L'une montre un spectre enrichi en P-ÉGP (Rh<Pt<Pd) et l'autre (Figure 5.8H) exhibe un spectre plat. À l'exception de l'appauvrissement en Ni, le spectre en ÉGP de la webstérite à olivine et chromite est tout à fait similaire à ceux des harzburgites à chromite (Figure 5.8I). L'appauvrissement en Ni, moins important que pour les chromitites et chromitites à

silicate, reflète probablement une faible proportion d'olivine par rapport aux autres lithologies du CDM qui sont généralement riches en olivine.

Les filonets de sulfures montrent des spectres différents compte tenu de leurs hautes teneurs en Ni et en Cu résultant de la présence de sulfures de nickel et de cuivre (pentlandite, millérite, violarite, chalcopyrite) (Figure 5.8J). Dans ces échantillons, les concentrations en I-ÉGP sont similaires à celles observées dans les chromitites mais les concentrations en P-ÉGP sont généralement plus élevées que dans les péridotites du Menarik.

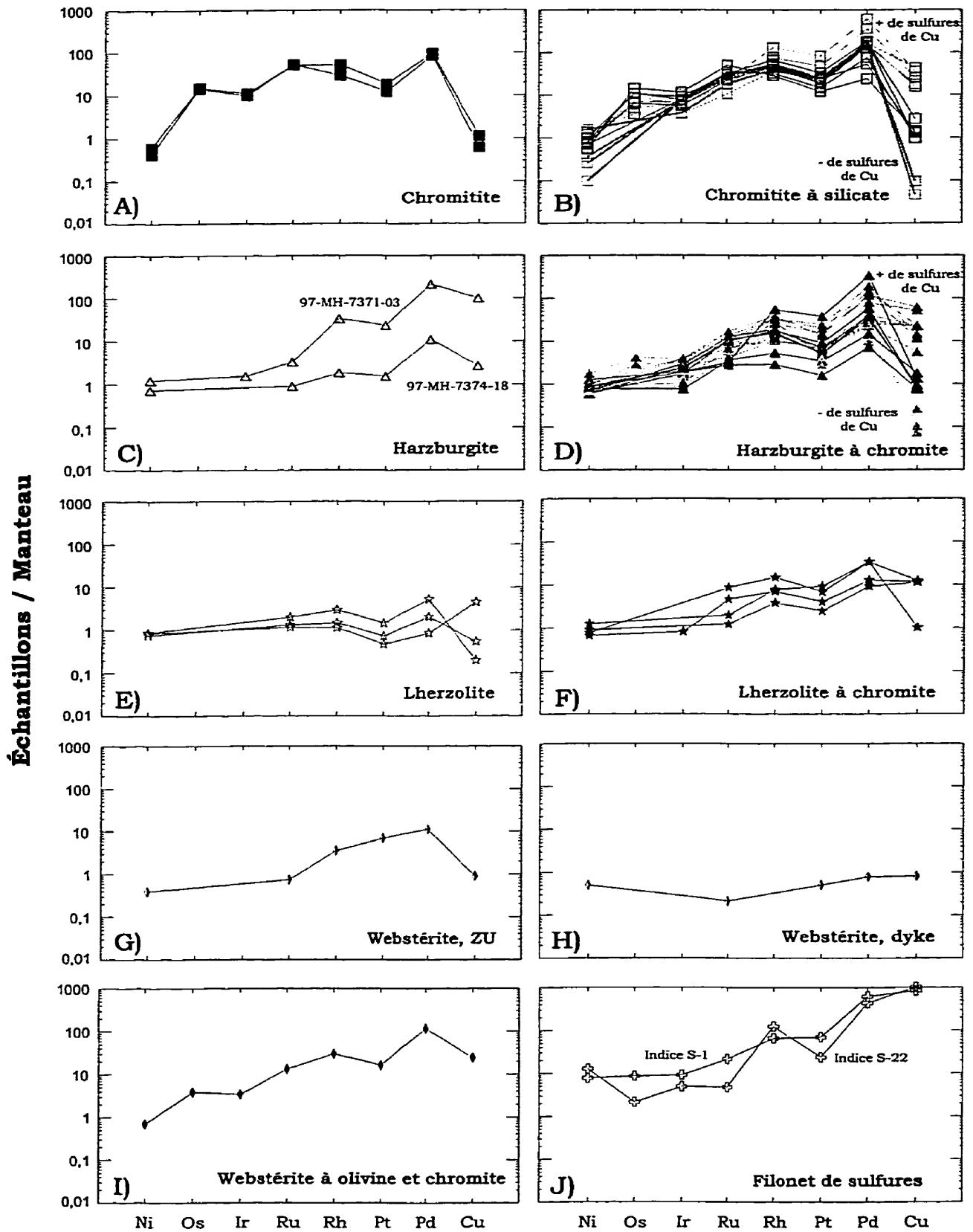


Figure 5.8 Spectres des ÉGP et du Ni-Cu pour les différentes lithologies du CDM. Légende: se référer à la figure 5.2.

Tableau 5.4 Concentrations moyennes en platinoïdes des différentes lithologies du CDM.

Lithologie	Chr			Chr Sll			Harzb			Harzb à chro		
	x	min	max	x	min	max	x	min	max	x	min	max
Ni (ppm)	1013	825	1200	1489	194	3105	1950	1456	2444	1690	1171	3500
Os (ppb)	62	60	63	34	15	60	n.a.	n.a.	n.a.	15	12	17
Ir	47	44	49	31	17	46	7			10	3	17
Ru	293	288	298	145	60	281	12	n.d.	7	47	16	94
Rh	64	46	81	89	46	209	28	5	19	31	5	86
Pt	124	99	149	243	100	680	103	3	53	82	13	310
Pd	402	381	423	877	107	2690	495	48	194	316	31	1476
Cu (ppm)	24	17	31	254	0	1200	1427	74	2781	351	173	508
Σ ⊃ GP	991	928	1053	1404	645	3777	641	69	1213	485	65	1899
n		2			16			2			19	

Lithologie	x	Lherz		x	Lherz à chro		Webst (ZU)	Webst (D)	Webst à OI à chro	x	Filon Sf	
		min	max		min	max					min	max
Ni (ppm)	1625	1488	1664	1791	1339	2485	778	996	1400	20400	15500	25300
Os (ppb)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	16	22	9	36
Ir	n.d.	n.d.	n.d.	4	n.d.	3,58	n.d.	n.d.	15	31	22	40
Ru	8	7	11	23	7	49	4	1	74	73	26	119
Rh	3	2	5	14	6	24	6		48	151	105	197
Pt	7	4	6	47	21	78	58	4	133	388	196	580
Pd	12	4	23	99	41	151	49	3	518	2316	1909	2723
Cu (ppm)	48	5	124	256	28	348	25	23	678	26150	28700	23600
Σ ⊃ GP	30	16	51	185	75	280	117	9	804	2981	2359	3603
n		3			3		1	1	1		2	

x = concentration moyenne
min = concentration minimale
max = concentration maximale
n = nombre d'analyses
n.a. = non analysé
n.d. = non détecté

5.8.1 Comportement géochimique des ÉGP

Les éléments du groupe du platine peuvent être divisés en deux groupes (I-ÉGP [Ir, Os, Ru] et P-ÉGP [Pd, Rh, Pt]) ayant des comportements géochimiques différents (Keays, 1982; Barnes et al., 1985; Hoatson et Keays, 1989). Mais qu'en est-il pour les roches du Complexe de Menarik? Est-ce que la géochimie des ÉGP suit cette tendance? Pour vérifier ceci, nous présentons la covariation des ÉGP entre eux et par la suite celle entre les ÉGP et les autres éléments.

Les variations de l'Os (Figure 5.9A) et du Ru (Figure 5.9B), en fonction de l'Ir, suggèrent un comportement similaire entre les différents I-ÉGP. La covariation entre le Rh et l'Ir (Figure 5.9C) ainsi que la corrélation positive entre le Rh et le Pd (Figure 5.9D) suggèrent un comportement ambivalent du rhodium. Ce comportement ambivalent du rhodium a été montré par les expériences de géochimie expérimentale portant sur la solubilité du rhodium (Amossé et Allibert, 1992, 1993) et par l'étude des péridotites alpines de Ronda et de Beni Boussera (Gueddari, 1996).

Les figures 5.9E et 5.9F montrent une covariation positive entre les concentrations en Ir et Pt (ou en Pd). Cette corrélation reflète probablement la proportion modale de chromites réfractaires dans les roches du Menarik. Pour certains échantillons du Menarik, la diminution de l'écart entre les concentrations en I-ÉGP et les concentrations en P-ÉGP est essentiellement causée par la teneur de la chromite qui fractionne les éléments du groupe du platine les plus réfractaires (famille de l'iridium). Le platine et le palladium montrent une très forte covariation positive bien que la concentration du Pt soit toujours inférieure à celle du Pd (Pt ~3 à 4 fois moins abondant que le Pd) (Figure 5.9G). La majorité des échantillons du CDM montrent un rapport de Pt/Pd variant de 0,2 à 0,5 et ce malgré, une grande variation des teneurs en ÉGP (Figure 5.9.H).

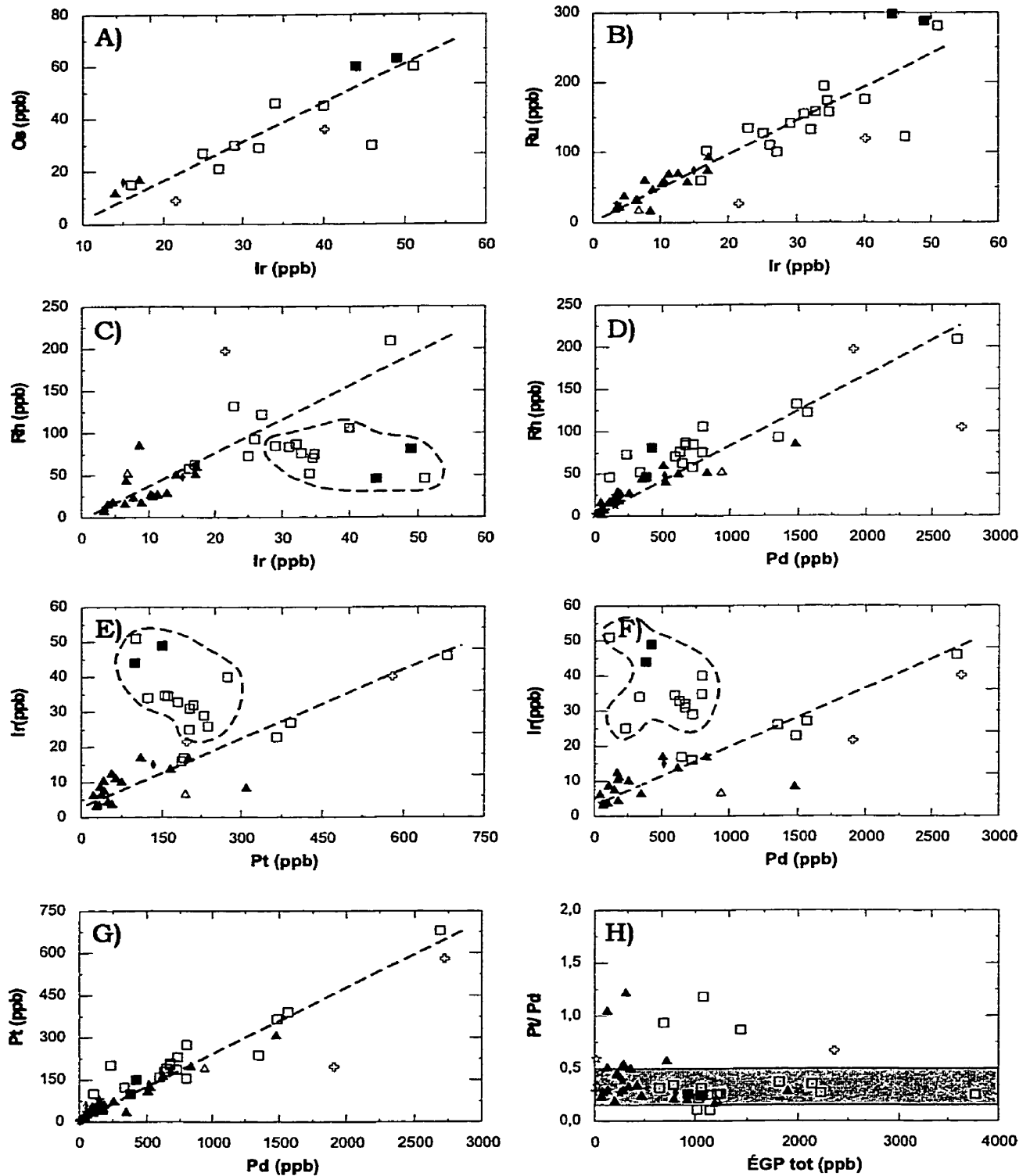


Figure 5.9 A à F) diagrammes de variations des EGP pour les différentes lithologies du CDM. H) Variation du rapport Pt/Pd en fonction des teneurs totales en ÉGP. Légende: se référer à la figure 5.2.

5.8.1.1 Comportement géochimique des I-ÉGP

L'hypothèse la plus fréquemment suggérée pour expliquer la collecte des I-ÉGP est la formation de particules réfractaires comme les alliages Os-Ir-Ru ou celles de sulfures de haute température comme la laurite. Ces phases réfractaires sont observées en inclusion ou en association avec la chromite (Oshin et Crocket, 1982; Stockman et Hlava, 1984; Barnes et al., 1985, 1988; Amossé et al., 1992). Elles seraient fractionnées lors de la cristallisation précoce du magma. Des travaux expérimentaux ont également confirmé cette association (Amossé et al., 1987, 1990; Amossé & Allibert, 1992, 1993). Dans les roches ultramafiques du Menarik, le rôle du spinelle chromifère est clairement établi (Figures 5.10A-B). Dans ces diagrammes, la teneur en Ir augmente avec celle de chrome et diminue avec le magnésium. La figure 5.10C montre la variation de l'Ir en fonction de l'aluminium qui suggère un comportement semblable à celui du chrome. Étant donné l'absence du plagioclase dans la ZU, l'Al est incorporé presque uniquement dans le spinelle et sa concentration varie donc en fonction des proportions modales de chromite dans les roches. Les concentrations en Ir (et Os, Ru) augmentent avec l'accumulation de la chromite. L'effets du soufre (Figure 5.10D), du nickel (Figure 5.10E) et du cuivre (Figure 5.10F) sur la teneur en Ir des roches du Menarik sont négligeables. Les concentrations en I-ÉGP dans les roches du CDM sont donc essentiellement associées à l'accumulation de la chromite et non pas à la présence de sulfures.

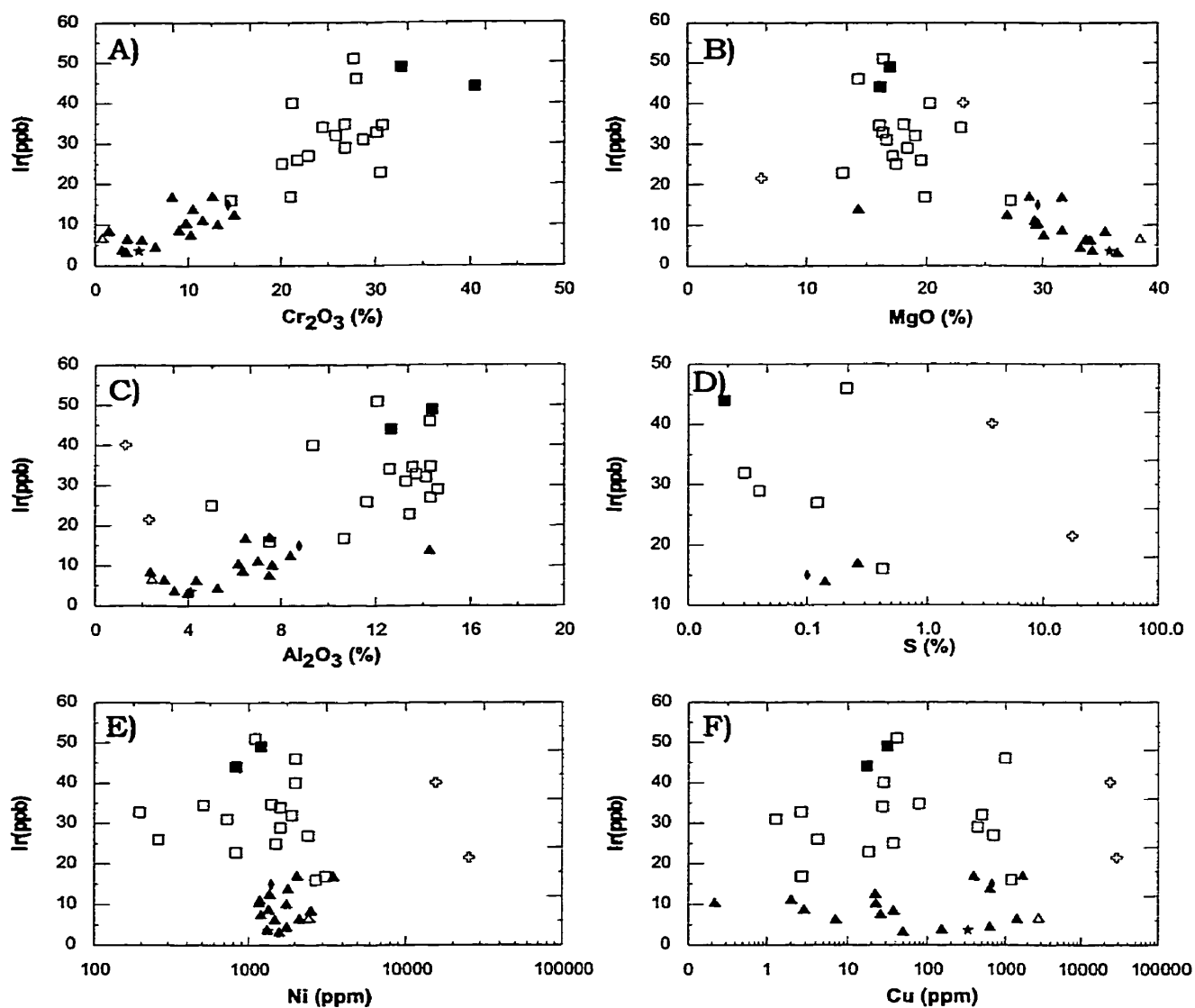


Figure 5.10 Diagrammes de variations de la teneur en Ir en fonction du Cr₂O₃, du MgO, de Al₂O₃, du S, du Ni et du Cu pour les différentes lithologies du CDM. Légende: se référer à la figure 5.2.

5.8.1.2 Comportement géochimique des P-ÉGP

Les figures 5.11A-B-C et 5.12A-B-C montrent la variation des teneurs en Pd et en Pt en fonction du Cr_2O_3 , du MgO et du Al_2O_3 . Dans ces diagrammes, les teneurs en Pd varient positivement avec le chrome et l'aluminium et négativement avec le MgO. Ceci suggère que les teneurs de ces ÉGP sont influencées par la présence de la chromite. Par contre, un groupe d'échantillons ne semble pas influencé par ce processus. Ces échantillons montrent une corrélation positive du Pd et Pt avec le S (Figure 5.11D et 5.12D). En effet, de nombreux travaux ont montré que la distribution des P-ÉGP, dans les roches magmatiques, est grandement influencée par la présence de sulfures. Les ÉGP sont préférentiellement incorporés au liquide sulfuré pour former des minéraux du groupe du platine (Crocket, 1981; Barnes, 1985, 1988).

Compte tenu de la forte affinité chalcophile des ÉGP en présence de soufre, on devrait s'attendre à observer des covariations avec le nickel et le cuivre. Cependant, dans le cas du CDM, une forte proportion de Ni est incorporée dans l'olivine ce qui peut atténuer la covariation entre les ÉGP et le Ni. Les diagrammes du Pd (Figures 5.11E-F) et du Pt (Figures 5.12E-F) en fonction du Ni et Cu montrent que ces deux éléments ne covarient pas avec les teneurs en Pd et Pt. Cependant, les chromitites à silicate, qui contiennent des sulfures de cuivre et de nickel, et les filonets de sulfures montrent une relation linéaire entre les concentrations en P-ÉGP et les concentrations en Ni et en Cu. Le Co montre une tendance similaire au nickel (Figures 5.11G et 5.12G). La covariation du Pd en fonction du Sc suggère une affinité du palladium pour le Cpx bien que l'importance de cette phase semble très limitée. La figure 5.12H montrant la covariation du Pt en fonction de l'antimoine (Sb), ne suggère aucune covariation entre le Pt et l'antimoine compte tenu que l'antimoine est plutôt susceptible aux processus hydrothermaux.

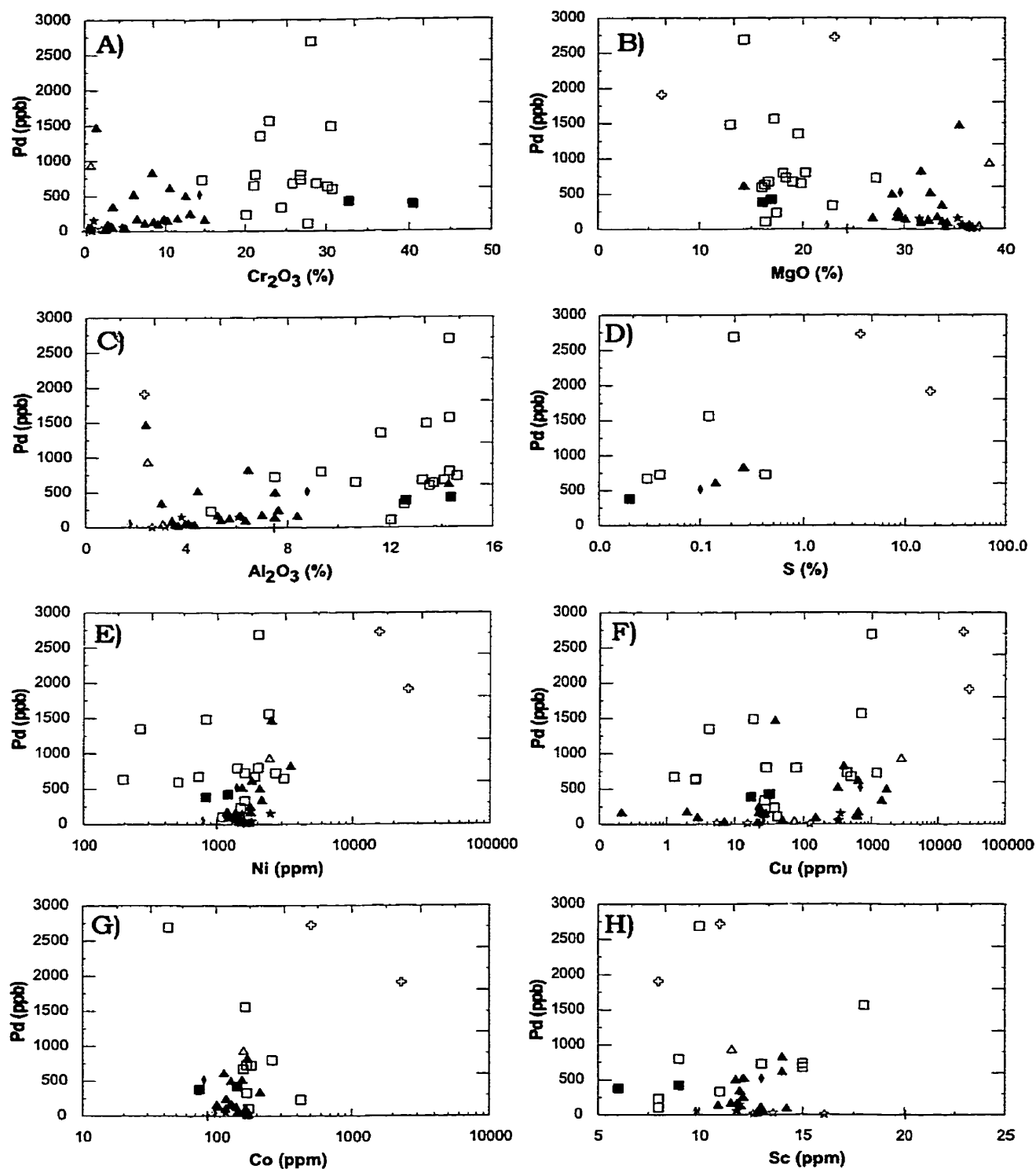


Figure 5.11 Diagrammes de variations de la teneur en Pd en fonction du Cr₂O₃, du MgO, de l'Al₂O₃, du S, du Ni, du Cu, du Co et du Sc pour les différentes lithologies du CDM. Légende: se référer à la figure 5.2.

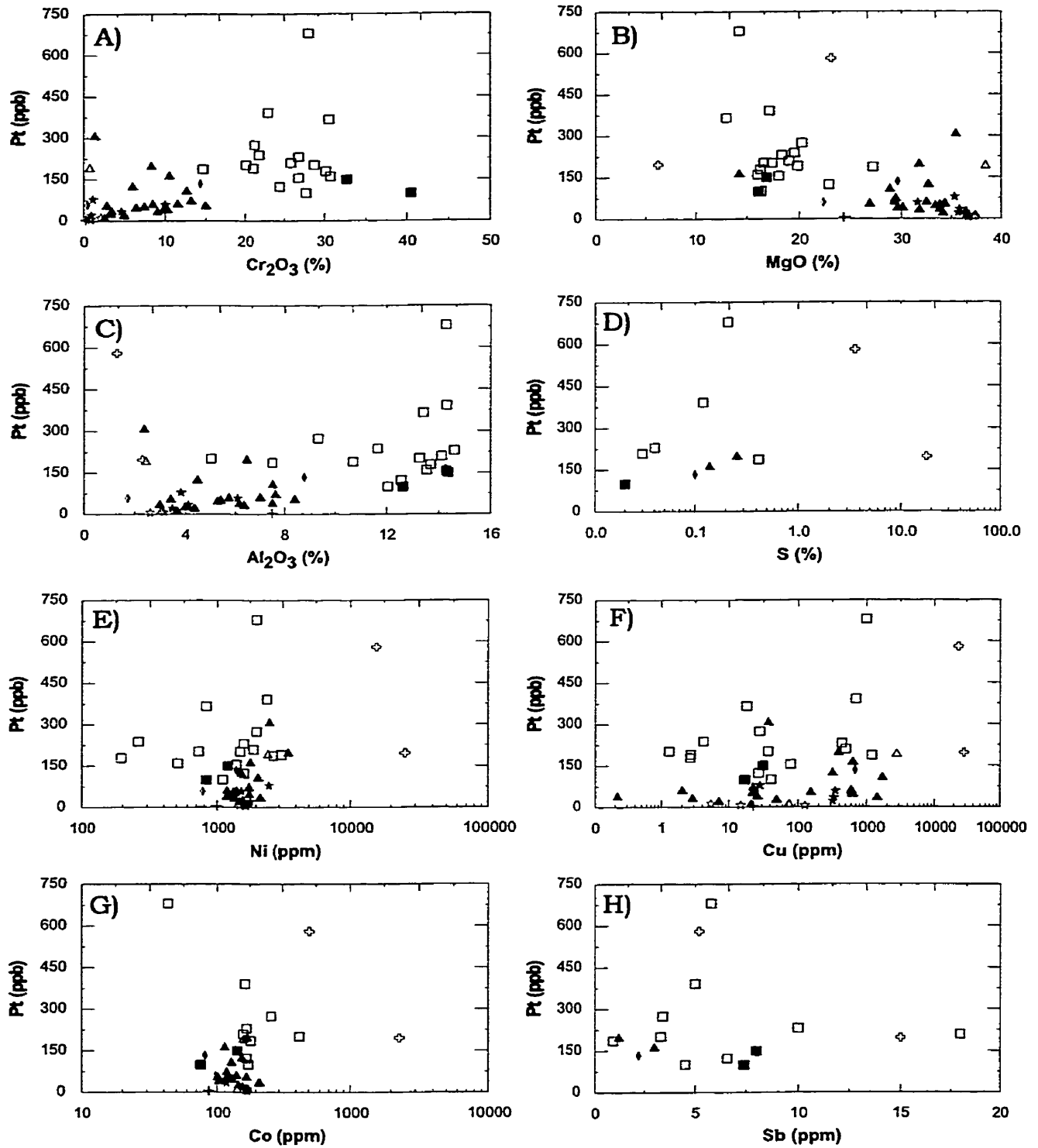


Figure 5.12 Diagrammes de variations de la teneur en Pt en fonction du Cr₂O₃, du MgO, de l'Al₂O₃, du S, du Ni, du Cu, du Co et du Sb pour les différentes lithologies du CDM. Légende : se référer à la figure 5.2.

5.9 Variations stratigraphiques des abondances en ÉGP des différentes lithologies

Les teneurs en platinoïdes des roches du CDM sont anormales. Certaines roches comme les chromitites et les chromitites à silicate sont potentiellement intéressantes pour leurs contenus en ÉGP. Les harzburgites et les harzburgites à chromite présentent des teneurs variables en ÉGP pouvant localement être très élevées.

Deux sections détaillées ont été effectuées dans le bloc nord du CDM (voir annexe A). Dans l'ensemble, les tendances observées dans les sections 97-MH-7371 (Figure 5.13) et 97-MH-7374 (Figure 5.14) sont similaires. Le Mg#, le Cr# et les abondances en Cr₂O₃ sont tous fortement influencés par la présence de chromite. Le nombre Mg# est généralement de 85 pour les péridotites et diminue dans les roches riches en chromite (ex. chromitites). Pour les chromitites, le Mg# varie de 50 à 65 et pour les chromitites à silicate, ce rapport varie de 65 à 75. Le Cr# et les teneurs en Cr₂O₃ montrent des tendances identiques et à l'opposé de celles du Mg#. Les valeurs de Cr# des péridotites est d'environ 20 par opposition à des valeurs variant de 40 à 60 pour les chromitites et les chromitites à silicate. Un échantillon, provenant d'un dyke de webstérite de la section 97-MH-7371, est caractérisé par un Cr# ~5. Les teneurs normales en chrome des péridotites varient de 2 à 5 % de Cr₂O₃. Localement, ces teneurs peuvent atteindre 30 % de Cr₂O₃.

Les teneurs en Ni, dans les deux sections, sont caractérisées par de faibles concentrations dans les chromitites à silicate (250 à 500 ppm) et par de fortes concentrations dans les roches péridotitiques. Les teneurs en Ni peuvent atteindre jusqu'à 3000 ppm après un horizon chromifère. Dans ces sections, la concentration moyenne en Ni des péridotites est d'environ 1500 ppm. Dans les roches du CDM, le comportement du cuivre est très similaire à celui du nickel. Les horizons chromifères sont appauvris en Cu (quelques ppm) et la péridotite au-dessus de ces horizons est enrichie en Cu (de 250 à 2500 ppm). L'abondance du cuivre dans les péridotites sont de l'ordre de la dizaine de ppm. Les concentrations élevées en platinoïdes sont directement associées aux horizons de chromite. Ces unités

montrent des abondances en ÉGP qui varient de 1000 à 2140 ppb. La majorité des péridotites du Menarik montrent des teneurs en ÉGP qui varient de 15 à 120 ppb. Bien que les chromitites à silicate du CDM soient enrichies en ÉGP, les différentes observations nous indiquent que certains horizons possèdent des concentrations beaucoup plus importantes en platinoïdes que d'autres. Les chromitites à silicate de la section 97-MH-7371 sont généralement beaucoup plus riches en ÉGP que celles de la section 97-MH-7374 (Tableau 5.5 et Figures 5.13 et 5.14).

Tableau 5.5 Comparaisons des concentrations en ÉGP des chromitites à silicate des sections détaillées.

Position sur l'affleurement	ÉGP	Pd (ppb)	Pt (ppb)	Rh (ppb)	Ru (ppb)	Ir (ppb)
Base						
Sud-Est	97-MH-7371	1348	238	93	110	26
	Chromitites	1484	366	132	134	23
Nord-ouest	À	796	155	75	157	35
Sommet	Silicate	675	202	84	155	31
Base	97-MH-7374	595	160	70	173	35
Sud	Chromitites	632	178	76	158	33
Nord	À	649	190	63	102	17
Sommet	Silicate					

Les comportements des P-ÉGP (Pd) et des I-ÉGP (Ru) sont très similaires et évoluent comme les teneurs en ÉGP totaux en fonction de la présence des horizons de chromite. Les péridotites, spatialement associées à des niveaux enrichis de chromite, sont plus platinifères (jusqu'à 1900 ppb) que les autres péridotites du Complexe de Menarik.

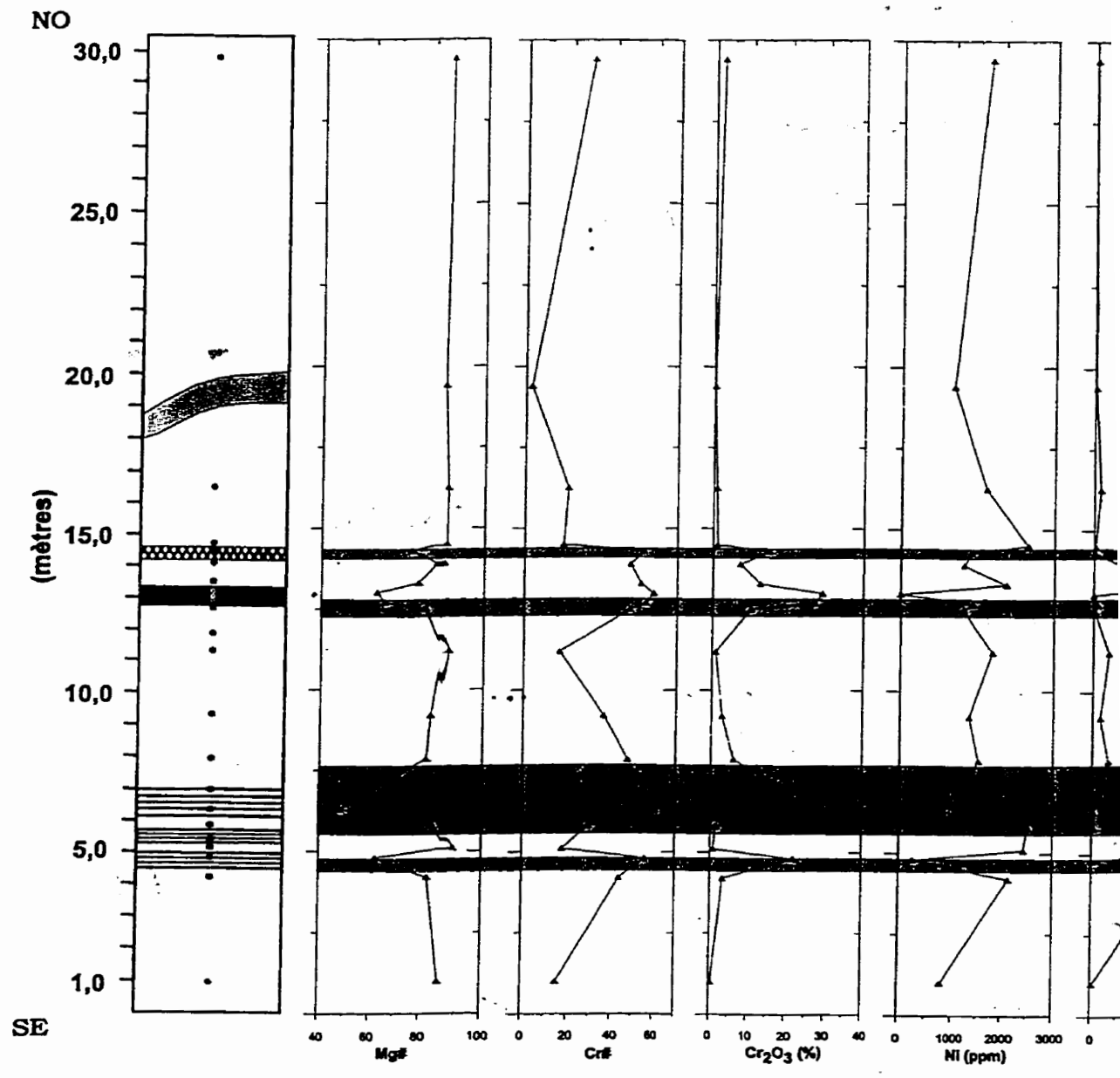
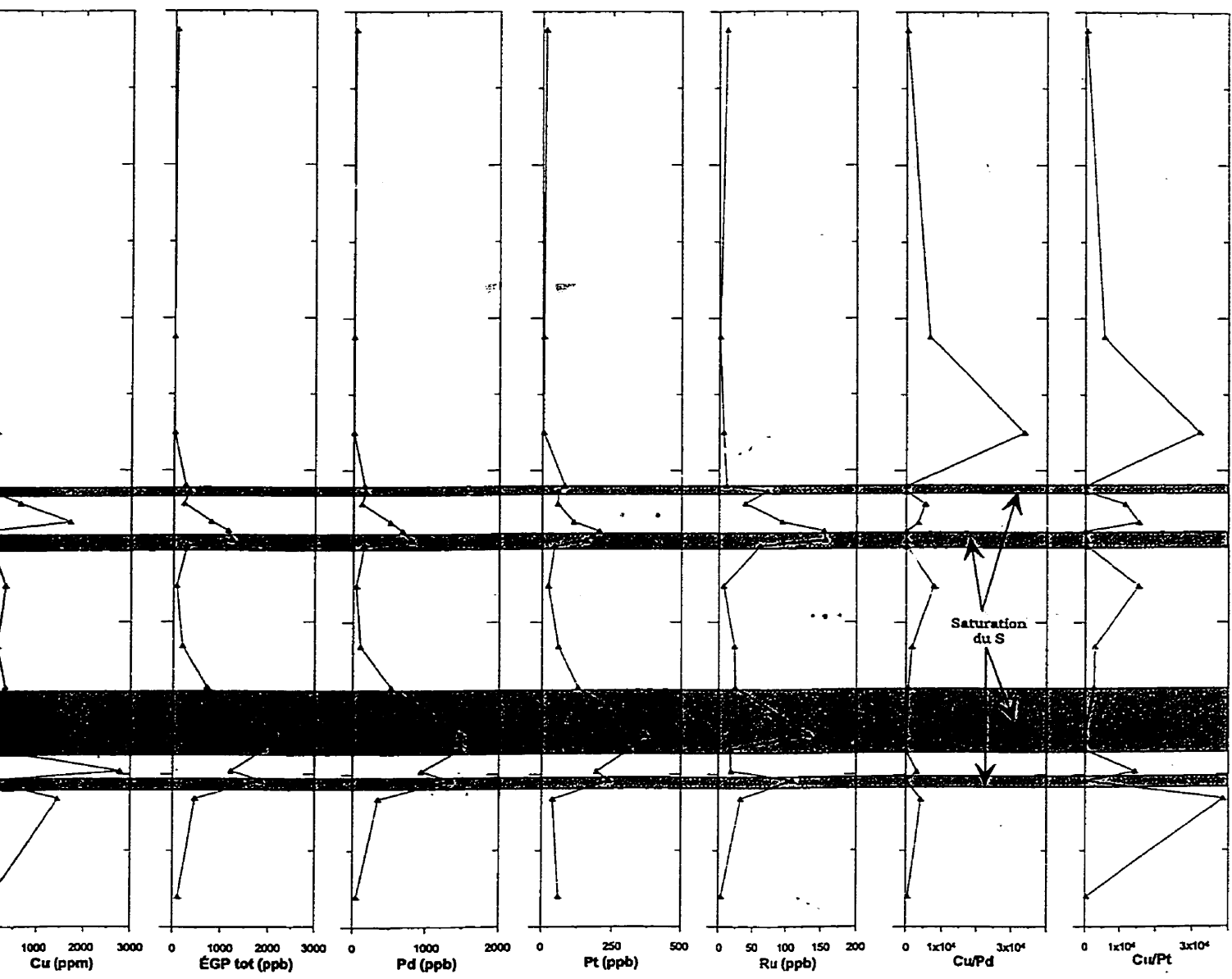




Figure 5.13 Coupe 97-MH-7371 montrant les variations du Mg#, du Cr#, du Cr₂O₃ et du Ni (ppm) en fonction de la profondeur.

Dyke de we
 Péridotite



du Cr#, du Cr₂O₃, du Ni, du Cu, des ÉGP totaux, du Pd, du Ru et des rapports Cu/Pd et Cu/Pt.

- webstérite
-  Chromitite / Chromitite à silicate
-  Harzb / Lherz / Dun à chromite

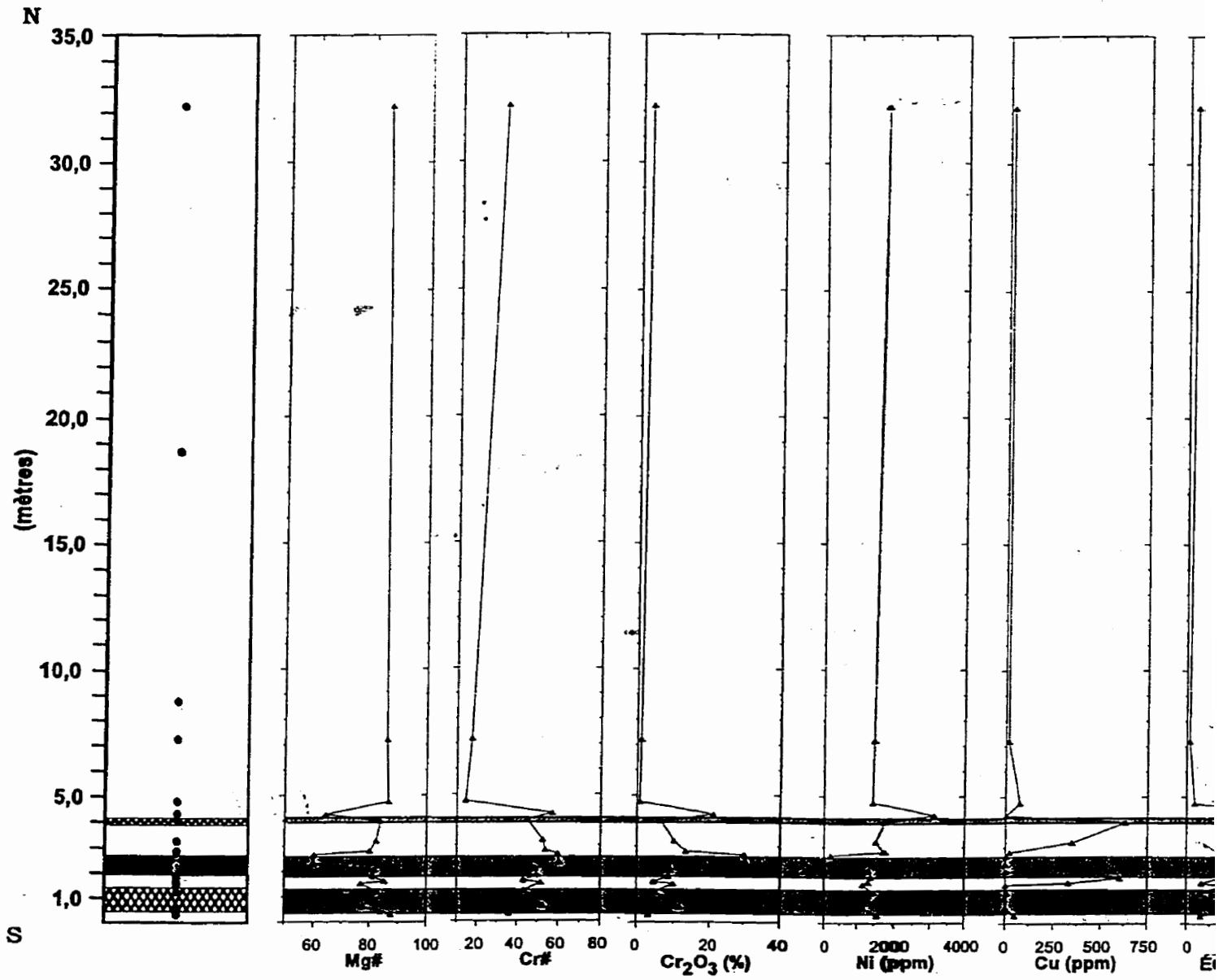
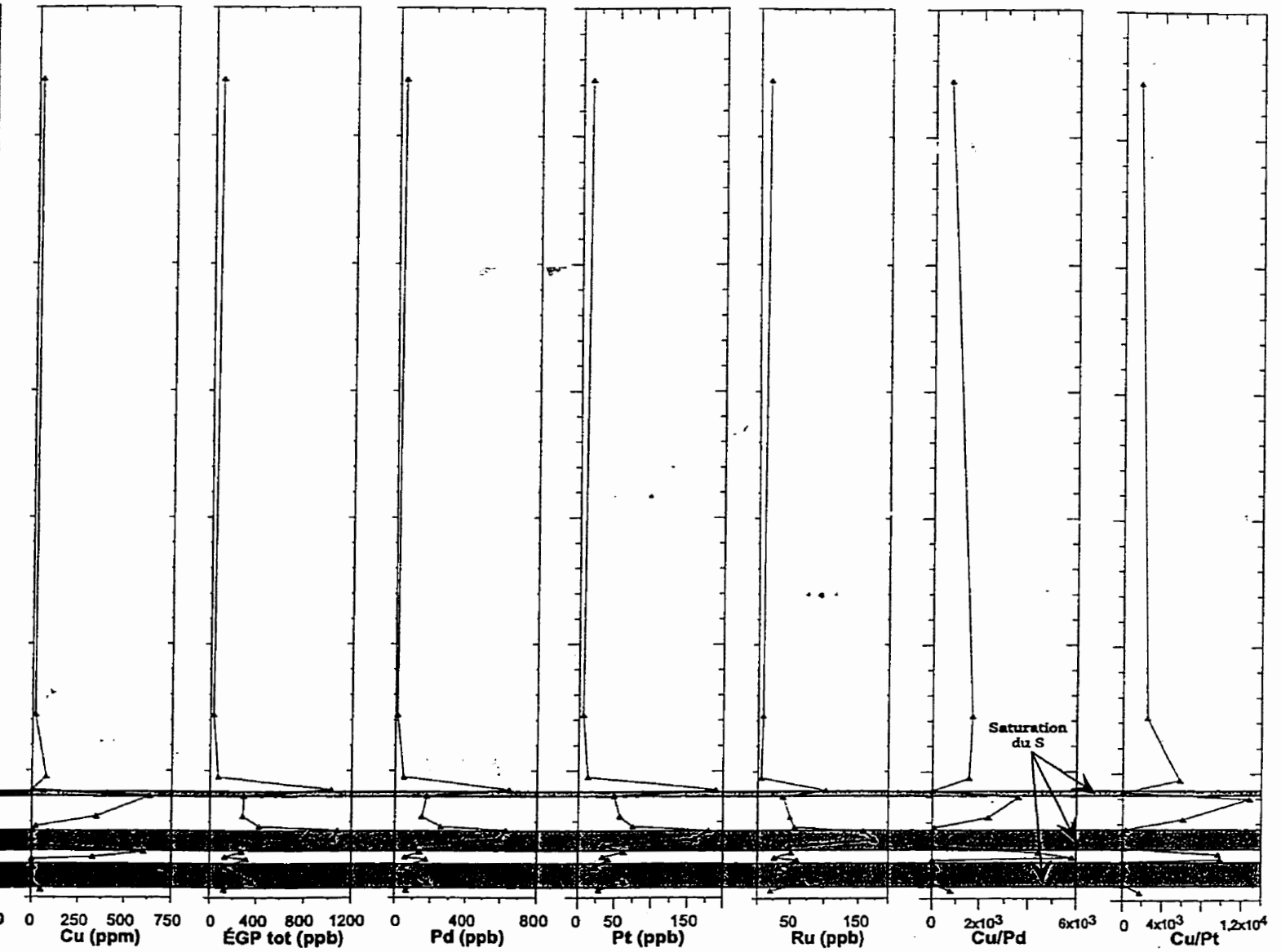



Figure 5.14 Coupe 97-MH-7374 montrant les variations du Mg#, du Cr#, du Cr₂O₃,

Péridotite
 Harzb / Lherz / à chromite



#, du Cr#, du Cr_2O_3 , du Ni, du Cu, des ÉGP totaux, du Pd, du Ru et des rapports Cu/Pd et Cu/Pt.

 Harzb / Lherz / Dun à chromite

 Chromitite / Chromitite à silicate

5.11 Synthèse

La Zone Ultramafique du Complexe de Menarik présente une grande variété de lithologies (don't les plus abondantes sont les dunites, les harzburgites, les lherzolites et les webstérites à olivine (Figure 5.1).

L'étude des éléments majeurs montre une évolution géochimique qui se caractérise essentiellement par un fractionnement dominé par l'olivine et la chromite. Dans les roches mafiques et ultramafiques du Complexe de Menarik, le fractionnement des différents silicates ferromagnésiens peut se résumer en trois étapes: I) fractionnement important de la chromite et de l'olivine (formation des chromitites, des dunites, des harzburgites et des lherzolites); II) fractionnement de l'orthopyroxène, de l'olivine et de la chromite (des webstérites à olivine aux webstérites); III) fractionnement des pyroxènes, du plagioclase et de l'olivine (formation des pyroxénites et gabbros).

Les roches du Menarik sont caractérisées par des spectres de TR essentiellement sub-chondritiques. Toutefois, certaines variations dans les spectres de TR permettent de subdiviser les roches du CDM en quatre groupes. Le premier groupe (I) est caractérisé par des spectres légèrement appauvris en TR légères ($[La/Sm]_N = 0,69$ à $0,75$), alors que les spectres de TR lourdes sont plats. Le second groupe (II) est caractérisé par des spectres de TR plats de type sub-chondritiques ($[La/Sm]_N = 0,96 \pm 0,07$). Les lithologies appartenant à ces deux groupes forment la ZU. Le groupe (III) montre par des spectres de TR légèrement enrichis en TR légères ($[La/Sm]_N = 1,43 \pm 0,32$). Ce groupe comprend des échantillons de roches de la ZU, de gabbros injectés en périphérie de l'intrusion et des dykes de gabbros recoupant le CDM et la tonalite. Le dernier groupe (IV) est caractérisé par un enrichissement en TR légères. Deux sous-groupes peuvent être définis. Le sous-groupe IVA est caractérisé par des spectres fortement enrichis en terres rares légères ($[La/Sm]_N = 2,94$ à $2,99$). Le sous-groupe IVB montre un enrichissement en TR légères beaucoup moins important que pour le sous-groupe IVA ($[La/Sm]_N = 1,68$). Ces roches montrent également un léger appauvrissement en TR lourde. L'étude des éléments incompatibles et des spectres de TR suggère que les gabbros du Menarik ne sont

pas tous comagmatiques avec les roches ultramafiques. Toutefois, les masses gabbros semblent provenir d'une source mantellique comparable. On peut conclure que ceux-ci sont comagmatiques avec la ZU du CDM. À l'opposé, les dykes de gabbros ne sont probablement pas reliés à cet événement magmatique.

Le découplage entre les I-ÉGP et les P-ÉGP, démontré dans de nombreux travaux (Keays, 1982; Barnes et al., 1985; Hoatson et Keays, 1989), n'est pas réellement observé dans les roches du CDM. Les ÉGP (Os?, Ir, Ru, Rh, Pt, Pd) sont fortement associés aux horizons de chromite que l'on retrouve dans la partie ultramafique de l'intrusion. L'influence des sulfures sur le comportement des P-ÉGP est probablement atténuée par le contrôle dominant de la chromite. Les teneurs en ÉGP des péridotites sont anormales et varient de 15 à 120 ppb. La minéralisation en platinoïdes est généralement confinée aux chromitites et chromitites à silicate où les teneurs varient généralement entre 1000 à 2150 ppb. De plus, les harzburgites sont localement enrichies en ÉGP lorsqu'elles se localisent à proximité des horizons de chromite. Dans ces cas, la teneur en ÉGP de ces péridotites peut atteindre jusqu'à 1900 ppb.

CHAPITRE VI - CHIMIE MINÉRALE

La composition chimique des solutions solides de l'olivine, des pyroxènes, du spinelle, du plagioclase, etc. d'une intrusion ultramafique et/ou mafique sont d'excellents traceurs des processus de différenciation qui agissent dans une chambre magmatique (cristallisation fractionnée, mélange de magma, rééquilibration subsolidus, altération hydrothermale, etc.). L'étude minéralogique à la microsonde électronique, combinée à la géochimie, permet d'estimer plusieurs facteurs importants comme la composition du magma parent et les conditions de cristallisation.

Parmi les échantillons récoltés, plusieurs minéraux ont été analysés dans le but de connaître la composition chimique en oxydes des éléments majeurs et mineurs. Les analyses chimiques des phases minérales (annexe D) ont été effectuées au Laboratoire de Microanalyse de l'Université Laval en utilisant une microsonde électronique CAMECA SX-100 et le microscope électronique à balayage JEOL JSM-6400. Lors de l'analyse, les conditions habituelles d'opération pour la microsonde sont : spectrométrie à dispersion de longueur d'onde (WDS), un voltage d'excitation de 15 kV, un ampérage de 20 nA, un diamètre du faisceau de 5 μm et une durée de comptage 20 s sur la raie et de 10 s sur le bruit de fond. Les données sont corrigées avec le programme PAP (procédure de correction ZAF modifiée par CAMECA), qui considère des corrections comme le numéro atomique (Z), l'absorption (A) et la fluorescence secondaire (F). Les conditions d'opération variaient quelque peu dépendant de la phase analysée. Les minéraux du groupe du platine (MGP) ont été analysés à l'aide du MEB. Les conditions d'opération pour le microscope électronique à balayage sont : la spectrométrie en dispersion de longueur d'onde (EDS), un voltage d'excitation de 15 à 20 kV, un courant de 10^{-9} A, un diamètre de faisceau à ~ 5 nm et une durée de comptage d'environ 50 secondes. Les données ont été corrigées en utilisant un programme de correction ZAF. Les standards utilisés pour la calibration de l'appareil sont des cristaux naturels ou synthétique. (annexe D).

6.1 Minéralogie primaire

Le faible degré de conservation de la minéralogie primaire de l'intrusion empêche la caractérisation de la plupart des minéraux ferromagnésiens. Les seuls minéraux préservés partiellement ou en totalité sont des pyroxènes et le spinelle chromifère (chromite). Les analyses de minéraux ont porté sur la chromite plus particulièrement.

6.1.1 Pyroxène

Dans le Complexe de Menarik, seul le clinopyroxène (Cpx) a pu être analysé à l'aide de la microsonde. Le Cpx est préservé dans certaines lherzolites et harzburgites à chromite péocilitiques (Figures 6.1A et 6.1B). Il se présente comme une phase interstitielle associée à la chromite ou encore comme un oïcocrystal.

La composition moyenne est donnée au tableau 6.1 et les différentes analyses projetée dans le diagramme ternaire de classification des pyroxènes (Figure 6.2). Les pyroxènes du Complexe de Menarik sont du diopside et de l'augite. Ils sont particulièrement riches en magnésium ($Mg\# = 0,87-0,97$), ce qui reflète le caractère magnésien des roches ultramafiques du Menarik. Dans les roches ultramafiques, la composition du pyroxène est généralement celle du diopside et l'augite est habituellement retrouvée dans des roches mafiques comme des gabbros. Dans le cas du CDM, la présence d'augite est inhabituelle vu la composition très magnésienne des harzburgites et des lherzolites à chromite.

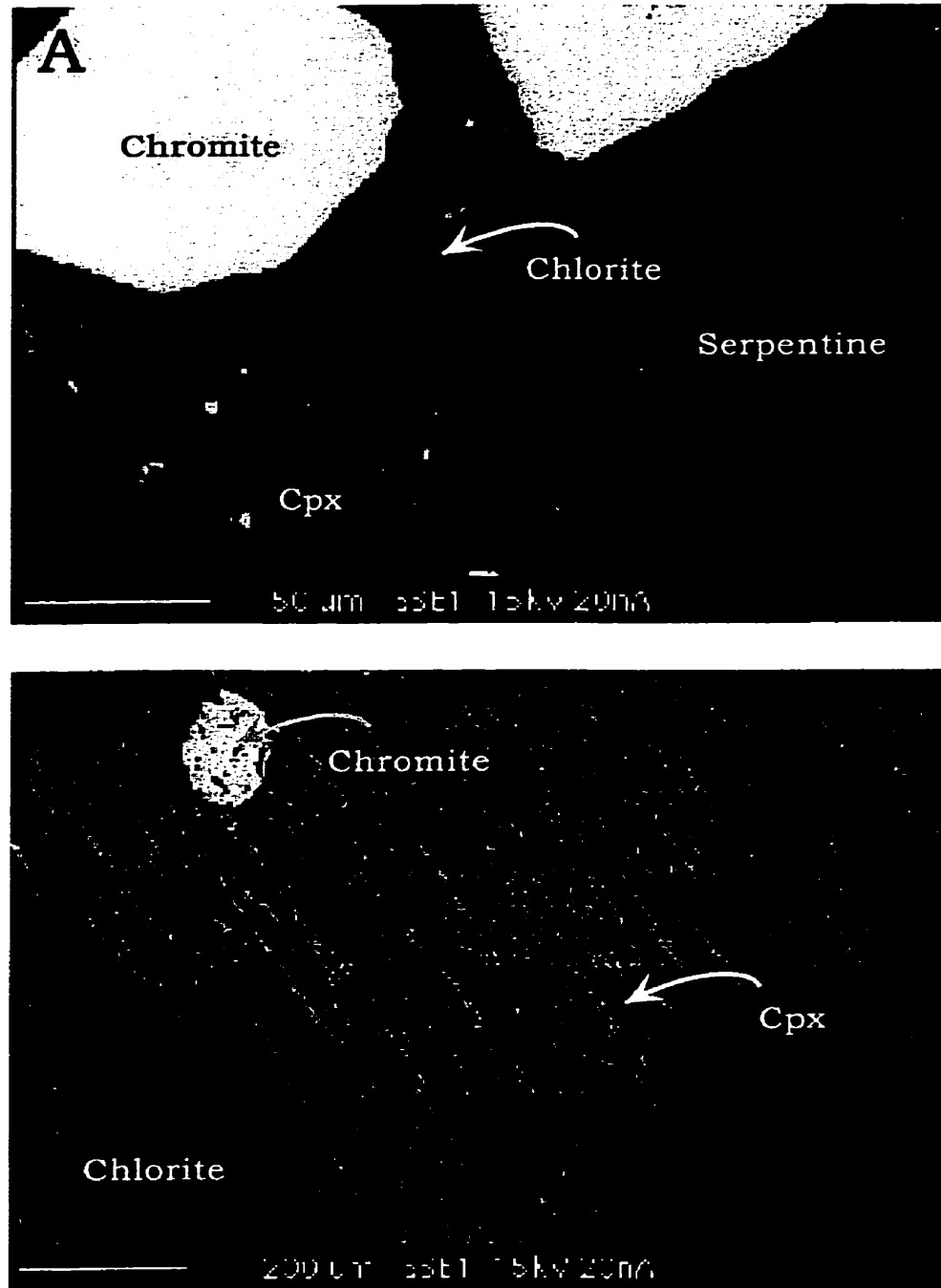


Figure 6.1 Clinopyroxène en position intercumulus dans une dunite à chromite (97-MH-7374-11). (A) Le Cpx forme une grande plage où il est remplacé par la serpentine et la chlorite. (B) Le Cpx est remplacé par la chlorite préférentiellement le long des plans de clivages. Dans ce cas-ci, le remplacement du clinopyroxène est beaucoup plus avancé.

Tableau 6.1 Composition moyenne des pyroxènes analysés à la microsonde électronique.

Clinopyroxène			
	Augite	Diopside	
		<u>Moyenne</u>	<u>± Écart-type</u>
	%	%	
SiO₂	53,72	53,84	1,88
TiO₂	0,09	0,09	0,07
Al₂O₃	2,52	1,71	0,35
Cr₂O₃	0,88	0,54	0,19
Fe₂O₃	0,01	0,67	0,56
MgO	20,58	17,15	0,42
CaO	16,46	24,13	2,20
MnO	0,21	0,10	0,14
FeO	5,32	1,99	1,78
NiO	0,00	0,03	0,05
Na₂O	0,22	0,15	0,07
K₂O	0,01	0,01	0,00
Total	100,01	100,41	-
Wo	33,46		48,65
En	58,14		48,16
Fs	8,40		3,19
n	1		3

n : Nombre d'analyses

La covariation inverse entre Al₂O₃ et le SiO₂ (Figure 6.3A) suggère une rééquilibration sub-solidus. La composition primaire ou du moins la composition du pyroxène le moins affecté par la rééquilibration sub-solidus ou par les processus métamorphiques est celle contenant le plus d'aluminium (Hébert et al., 1989). Les diagrammes de covariation (Figures 6.4B et 6.4C), en fonction de l'indice de différenciation (Mg#), montrent une augmentation du FeO et une diminution du CaO avec la diminution du Mg#. Un Mg# élevé et une concentration faible en aluminium suggèrent une rééquilibration vers un pyroxène métamorphique. La composition du pyroxène initial du Menarik se rapproche probablement de la composition du diopside montrant le moins de perturbations (Wo₄₇ Fs₅ En₄₉, Mg# = 0,92). Cette composition du pyroxène est très similaire à celles des pyroxènes provenant d'autres

complexes mafiques et ultramafiques comme celui de Tonsina en Alaska où la composition de ce pyroxène varie de $Wo_{47-48} Fs_{2-4} En_{49-50}$ avec un Mg# de 0,92-0,97 pour des dunites et des harzburgites (DeBari et Coleman, 1989). La composition du clinopyroxène du CDM est également similaire à la composition moyenne des clinopyroxènes des komatiites archéennes de l'Abitibi ($Wo_{43} Fs_{15} En_{42}$) (Arndt et al., 1986).

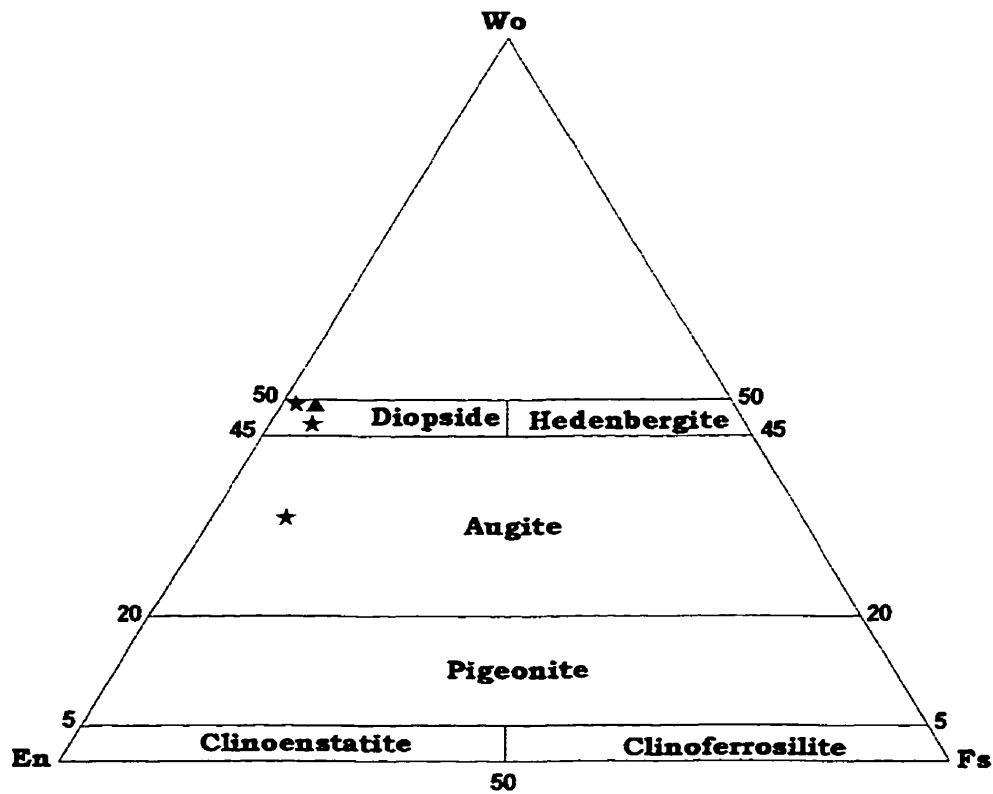


Figure 6.2 Projection En-Fs-Wo des compositions des pyroxènes analysés dans les harzburgites et les lherzolites à chromite du Complexe de Menarik (▲ harzburgite à chromite, ★ lherzolite à chromite) (Morimoto, 1988).

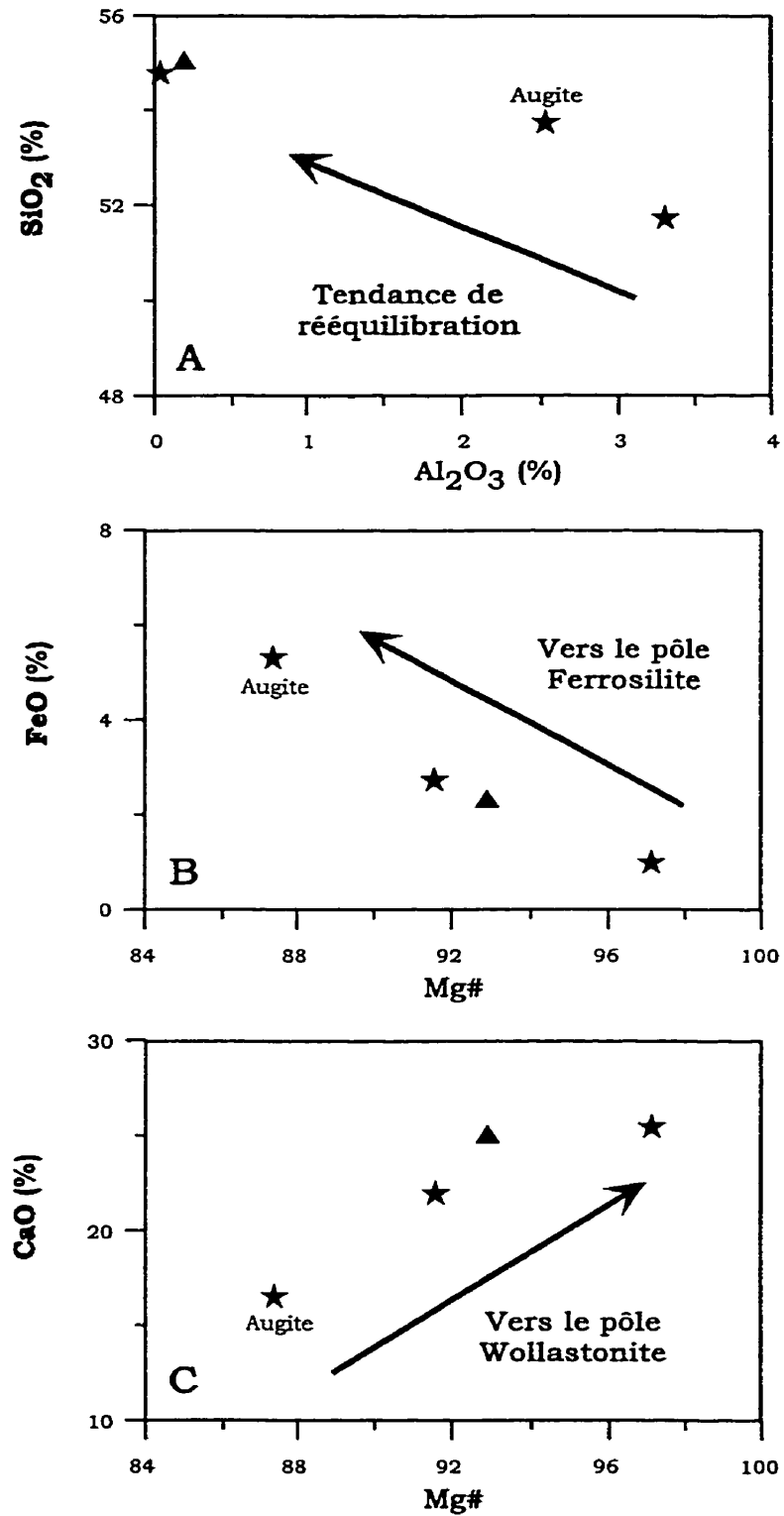


Figure 6.3 (A) SiO₂ versus le Al₂O₃ dans le Cpx. (B) FeO versus le Mg# dans le Cpx. (C) CaO versus le Mg# dans le Cpx. Légende: se référer à la figure 5.2.

6.1.2 Chromite

La chromite est le seul minéral primaire bien préservé dans le Complexe de Menarik. Son étude peut fournir des informations uniques et essentielles pour la compréhension de la pétrogenèse du CDM.

6.1.2.1 Morphologie de la chromite

La chromite du Complexe de Menarik se caractérise par un habitus granulaire et idiomorphe en position intercumulat dans les roches ultramafiques où l'olivine prédomine généralement sur l'orthopyroxène. Wilhelmy et Lacoste (1990) ont divisé la chromite CDM selon huit textures à partir de leurs observations microscopiques. Les chromites du CDM peuvent être décrites selon cette classification:

1) La chromite **homogène (non zonée)** présente une homogène à l'intérieur d'un même grain (Figure 6.4A).

2) La chromite **zonée** présente une variation dans la teinte reliée à la différence de réflectivité entre les différentes portions d'oxydes. La bordure est généralement beaucoup plus claire que le cœur. Cette zonation est très variable, elle peut être simple ou multiple et d'épaisseur variable (Figure 6.4B).

3) La chromite **avec bordure effritée** est homogène (non zonée) ou zonée avec des franges irrégulières plus ou moins épaisses. Ceci suggère une recristallisation d'oxyde de fer (magnétite ± chromifère) dans les espaces interfoliaires des phyllosilicates en association avec la serpentine et la chlorite (Figure 6.4B).

4) La chromite **lessivée** est homogène et ne montre pas de zonation. La différence entre celle-ci et la chromite homogène est que tout le matériel de la chromite lessivée possède la même réflectivité que les bordures pâles des chromites zonées décrites (Figure 6.4C).

5) La chromite **spongieuse** est remplie d'inclusions silicatées et de petites cavités. La quantité d'inclusions et/ou de cavités peut atteindre des proportions pouvant aller jusqu'à 30 à 35 % de la surface du grain (Figure 6.4D). Ces inclusions sont essentiellement composées de chlorite, de serpentine, d'amphibole et plus rarement de micas. Des sous-types de cette texture pourraient être définis. Lorsque les inclusions sont réparties entièrement dans le grain, la chromite est spongieuse. Par contre, il est également possible d'observer une chromite spongieuse avec certains secteurs dépourvus d'inclusion ou même de retrouver la chromite spongieuse uniquement dans les bordures des chromites zonées (Figure 6.4E).

6) La chromite **cataclastique** ne possède pas l'habitus hexagonal généralement observé. Sa forme est plutôt triangulaire exhibant ainsi une ou plusieurs faces brisées (Figure 6.4E). La chromite cataclastique peut être le résultat de deux processus : i) un événement tectonique qui cataclase une partie de la roche, ou ii) un éclatement de la chromite lors de l'augmentation de volume des silicates suite à la serpentinisation des silicates contenus dans les chromites riches en inclusions.

7) La chromite **associée à des sulfures** est généralement zonée et des sulfures se logent généralement au pourtour de la chromite (Figure 6.4F), dans les fractures (Figure 6.4F) ou encore s'associent avec la bordure de couleur plus pâle de la chromite (Figure 6.4E). Les sulfures peuvent également être concentrés à l'intérieur des nodules de silicates dans les chromitites à silicate (Figure 6.4G).

8) La chromite **riche en inclusions de sulfures** contient des inclusions de pyrite, de pyrrhotite avec des flammes de pentlandite, de chalcopyrite, de pentlandite, de millérite et plus rarement des arséniures et sulfoarséniures (Figure 6.5H). Localement, des minéraux du groupe du platine ont été observés en inclusions dans la chromite du Menarik.

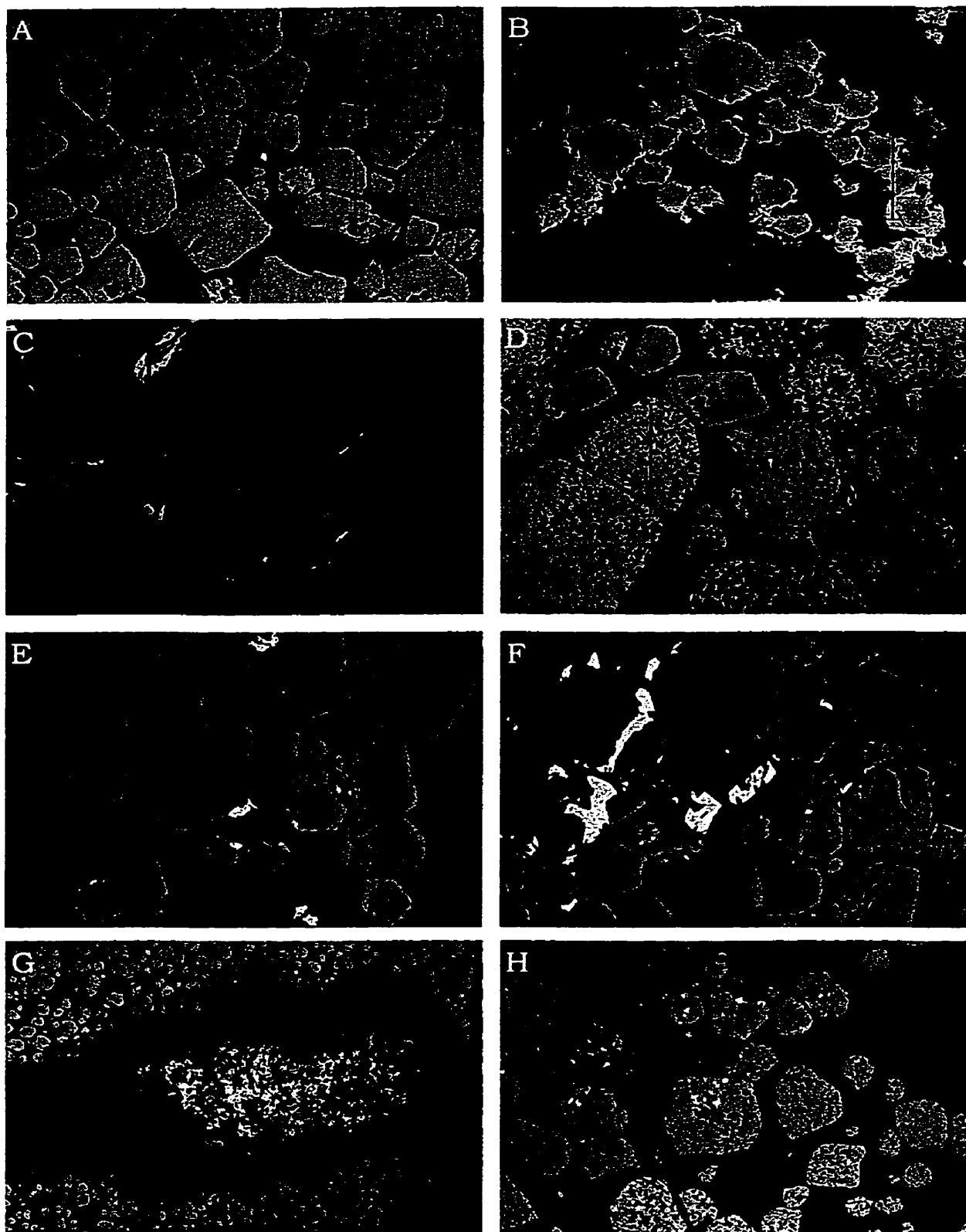


Figure 6.4 Différentes morphologies de la chromite au microscope optique dans le CDM. (A) La chromite homogène et non zonée. (B) La chromite zonée avec localement une bordure effritée. (C) La chromite lessivée. (D) La chromite spongieuse. (E) La chromite cataclastique. (F) et (G) La chromite associée avec des sulfures. (H) La chromite avec des inclusions de sulfures.

Le développement de ces textures est contrôlé soit par les conditions qui prévalaient dans la chambre magmatique ou par des processus d'altération secondaires. Les textures 1-5-8 sont des textures d'origine magmatique. Par contre, les textures 2-3-4-6-7 sont des textures secondaires formées lors de la serpentinisation ou l'hydrothermalisme des roches ultramafiques. Les chromites du Menarik peuvent exhiber une ou plusieurs morphologies décrites précédemment. On peut ainsi subdiviser l'ensemble de ces texture en deux groupes plus fondamentaux. Le premier groupe (I) correspond à des chromites non zonées (textures 1-3-4-8) et le deuxième groupe (II) à des chromites zonées (textures 2-3-5-6-7-8).

Dans le Groupe I (Figure 6.5) aucune variation de réflectivité de la chromite est observée aussi bien au microscope optique qu'à la microsonde en mode d'analyse par électrons rétrodiffusés (Figure 6.5A). La concentration des éléments majeurs comme le fer (Figure 6.5B), le chrome (Figure 6.5C), l'aluminium (Figure 6.5D), le titane (Figure 6.5E) et le magnésium (Figure 6.5F) ne présente aucune variation importante à l'intérieur d'un grain. Dans ces chromites, les concentrations en Al et en Mg sont relativement faibles comparativement aux concentrations des autres éléments majeurs Cr et Fe contenus dans la chromite du Menarik.

Le Groupe II est constitué de chromites zonées qui montrent des variations dans la réflectivité aussi bien au microscope optique qu'à la microsonde électronique. Deux sous-types sont définis dans le Groupe II. Le sous-type IIA est caractérisé par une zonation concentrique et une réflectivité qui augmente vers la bordure du grain. Le sous-type IIB est caractérisé par une zonation en secteurs distribués irrégulièrement dans le grain de chromite.

La zonation concentrique du sous-type IIA est la plus fréquente (Figure 6.6A). Cette zonation est omniprésente dans le Complexe de Menarik. La zonation concentrique comprend de deux à quatre zones d'épaisseurs variables. Habituellement, la zonation est triple (cœur, intermédiaire et bordure). Le fer montre un enrichissement vers la bordure de la chromite (Figure 6.6B) tandis que les teneurs en chrome sont généralement constantes dans le cœur et dans la partie intermédiaire mais chute rapidement dans la bordure (Figure 6.6C). L'aluminium et

le titane présentent des variations similaires, c'est-à-dire un enrichissement dans le cœur et un appauvrissement dans la partie intermédiaire et dans la bordure (Figures 6.6D-E). La chromite de la figure 6.7 montre une zonation concentrique mais cette dernière exhibe une plus grande variabilité dans sa zonation. Les concentrations en fer (Figure 6.7B), en chrome (Figure 6.7C), en aluminium (Figure 6.7D) et en magnésium montre des tendances similaires (Figure 6.7F). Cependant, le titane montre une zonation concentrique à quatre secteurs au lieu de trois (Figure 6.7E). Le titane est enrichi au cœur et dans la partie intermédiaire et appauvrie dans la bordure. Par contre, la limite entre le cœur et la partie intermédiaire est caractérisée par une mince zone concentrique où la concentration du titane diminue pour ensuite revenir à la concentration du cœur dans la portion intermédiaire.

Dans le CDM, le sous-type IIB est beaucoup moins fréquent que le sous-type IIA. Cette zonation particulière se retrouve uniquement dans la chromite spongieuse. La distribution des éléments majeurs dans ces chromites est totalement irrégulière. Ceci résulte probablement de la présence de nombreuses inclusions silicatées et/ou des cavités dans la chromite. La figure 6.27B montre un bel exemple de cette zonation.

Dans le CDM, les sous-types IIA et IIB représentent des cas extrêmes de la zonation de la chromite. Toutefois, les zonations intermédiaires peuvent être observées. La présence d'inclusions et de fractures peuvent modifier la distribution de la zonation. Par exemple, dans la partie centrale de la chromite, la présence de grandes inclusions à l'intérieur définit une auréole d'altération autour de l'inclusion (Figure 6.8A). Cependant, l'aspect concentrique de la zonation est tout de même préservé. La présence de fractures ou de plans de faiblesse dans le grain de chromite affecte également la zonation. On observe toujours l'aspect concentrique de la zonation bien qu'elle est beaucoup plus irrégulière avec de nombreux réentrants à plus forte réflectivité vers le cœur. Ces réentrants résultent de la circulation de fluides par l'entremise de ces plans de faiblesse (Figure 6.8B).

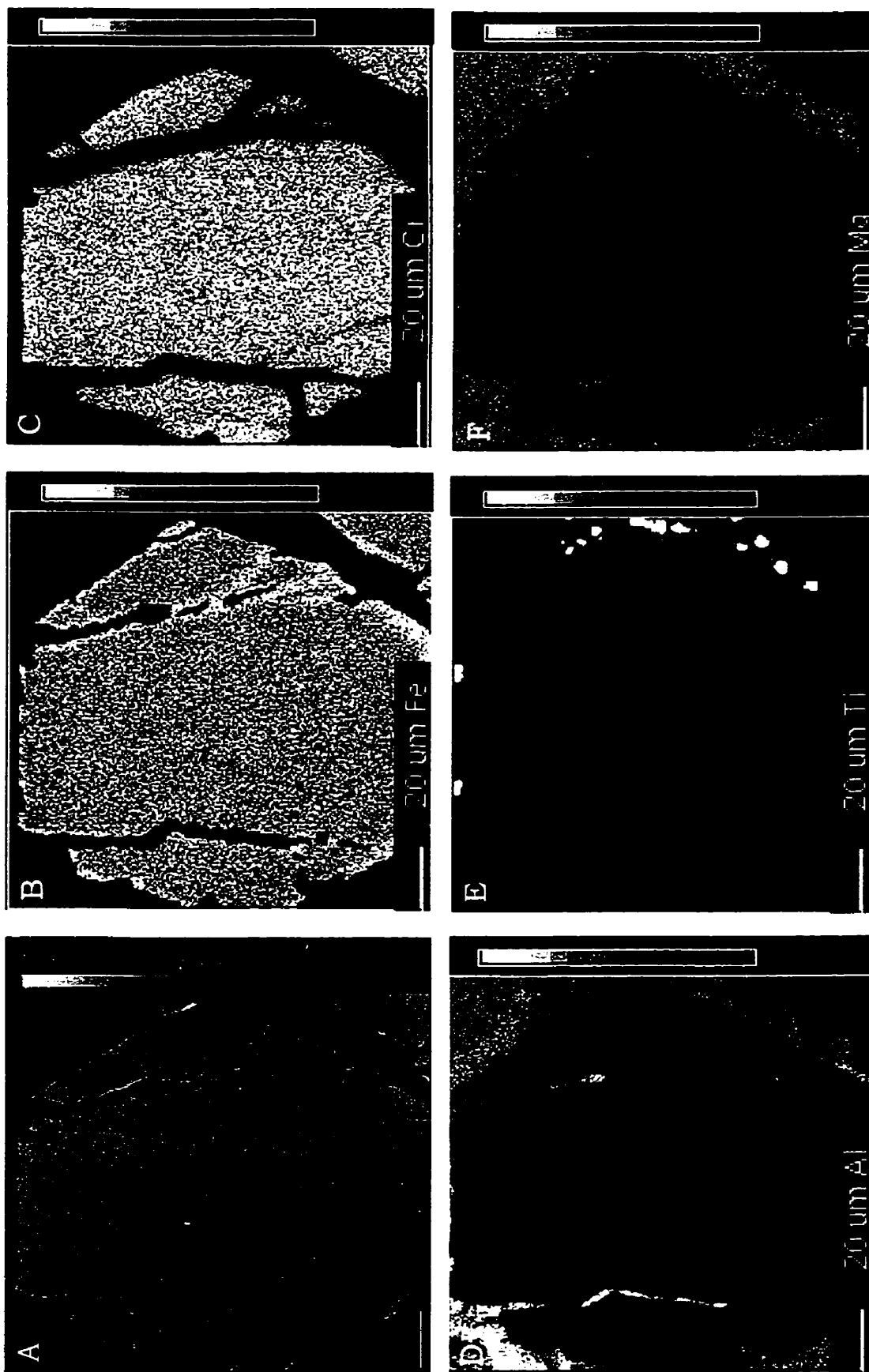


Figure 6.5 Cartographie d'un grain de chromite appartenant au Groupe I. (A) Image en électrons rétrodiffusés. (B) Fer total. (C) Chrome. (D) Aluminium. (E) Titane. (F) Magnésium.

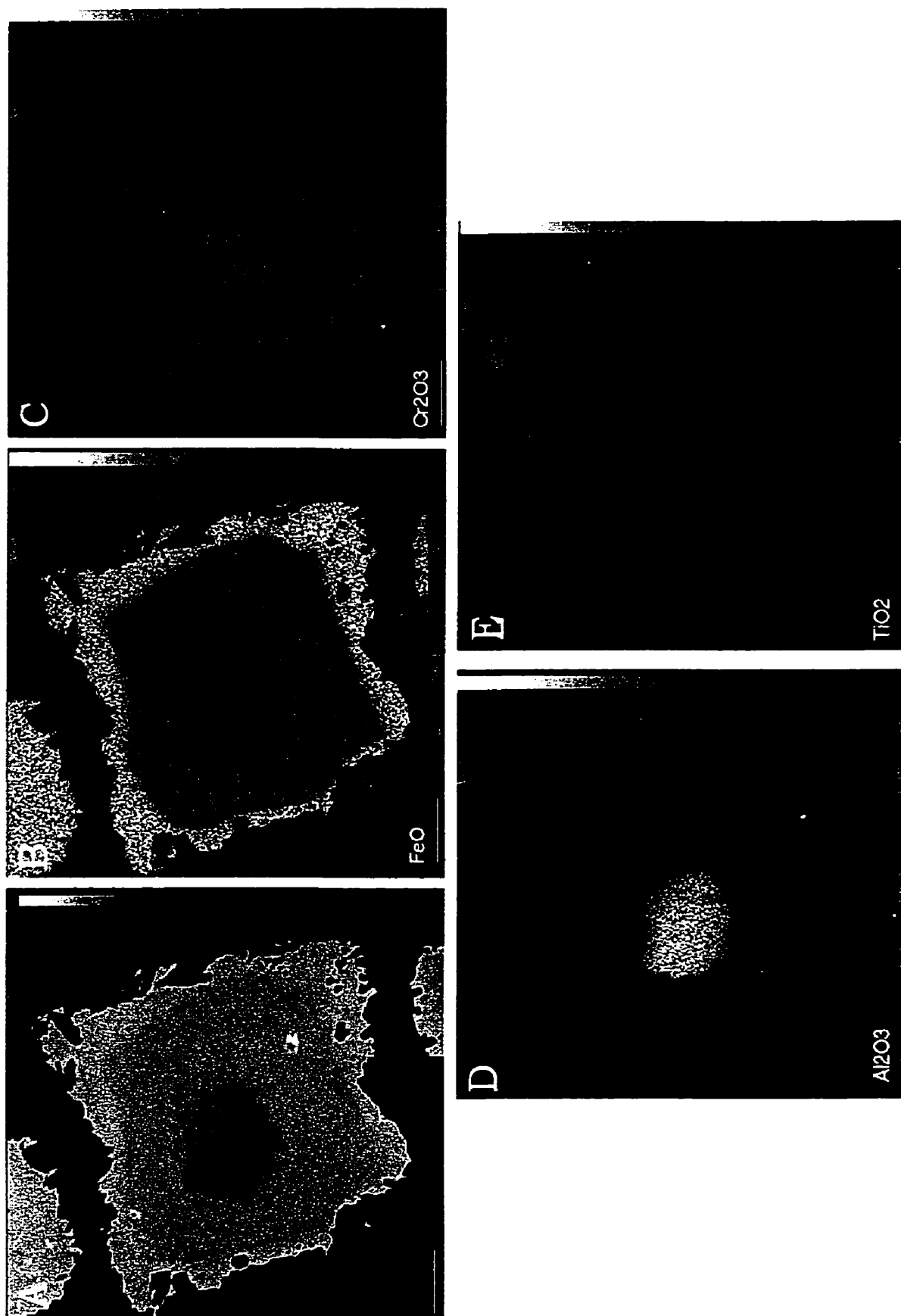


Figure 6.6 Cartographie d'un grain de chromite appartenant au Groupe II et du sous-type A. (A) Image en électrons rétrodiffusés. (B) Fer total. (C) Chrome. (D) Aluminium. (E) Titane.

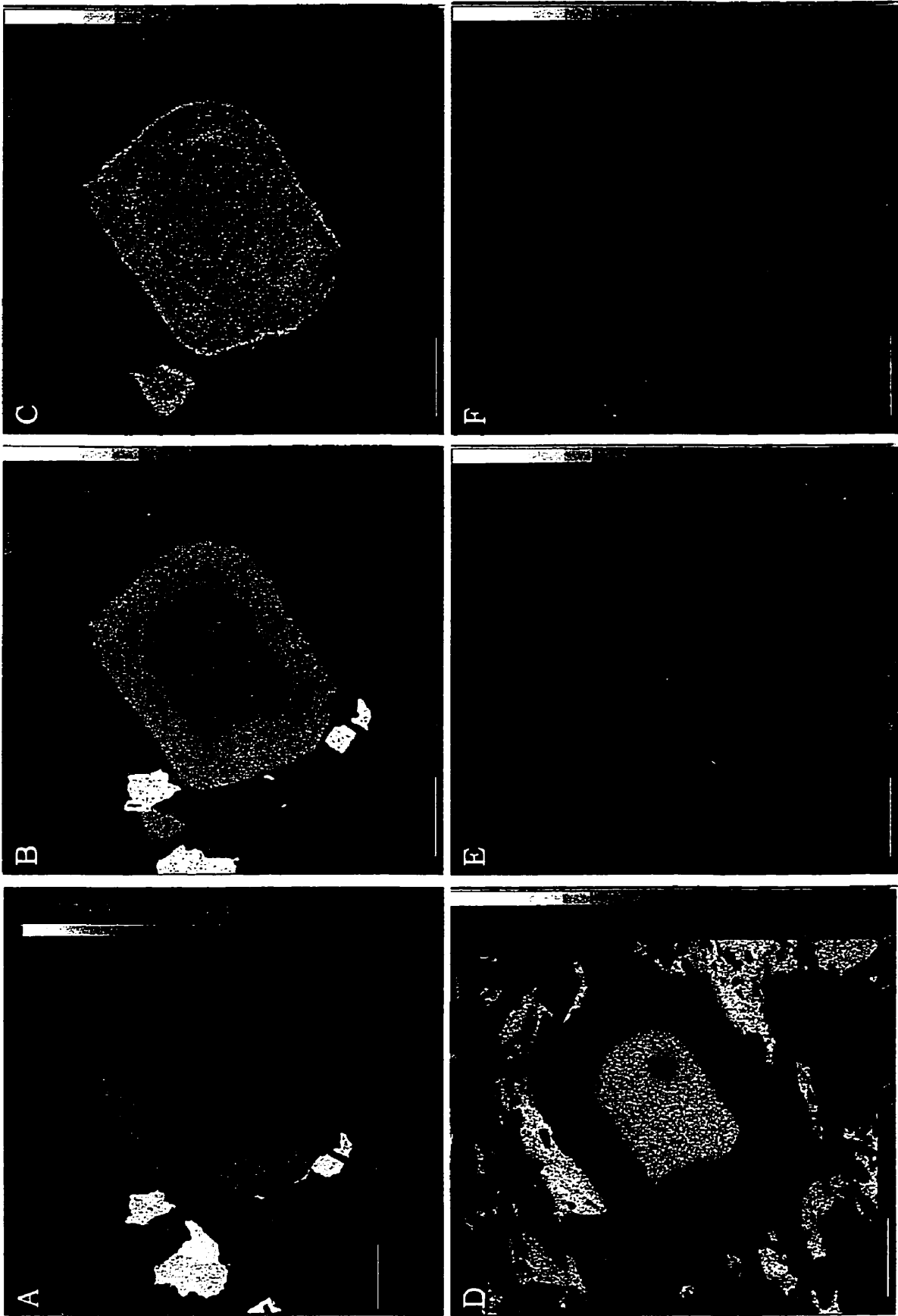


Figure 6.7 Cartographie d'un grain de chromite appartenant au Groupe II et du sous-type A. (A) Image en électrons rétrodiffusés. (B) Fer total. (C) Chrome. (D) Aluminium. (E) Titane. (F) Magnésium.

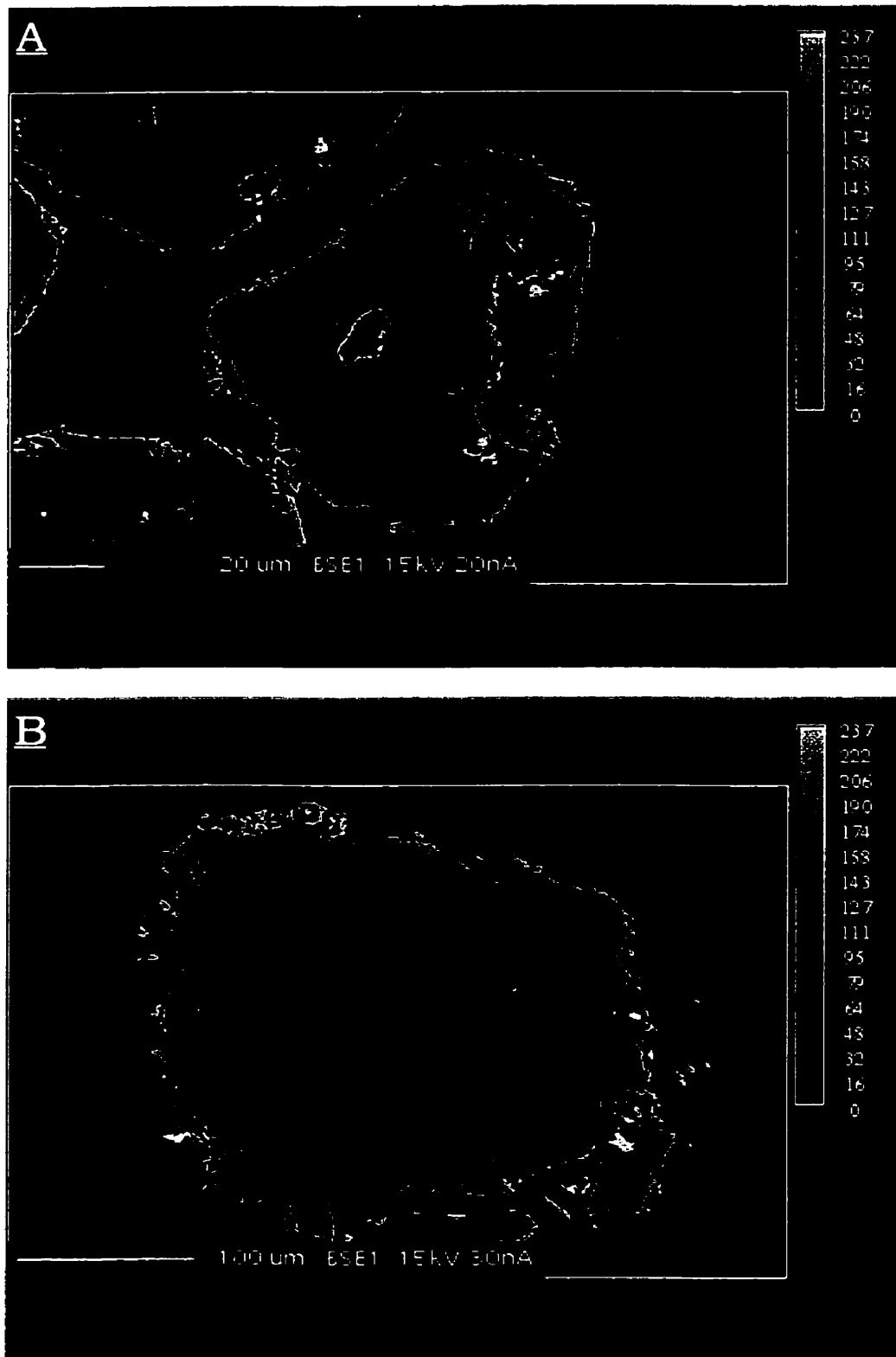


Figure 6.8 Grain de chromite appartenant au sous-type IIA en mode électrons rétrodiffusés. (A) La présence d'inclusions modifie le patron de zonation. (B) La présence de fractures et de plans de faiblesses modifie le patron de zonation.

6.1.2.2 Composition de la chromite du CDM

La projection de la composition des chromites, dans le diagramme ternaire des cations trivalents Fe-Cr-Al (Whittaker, 1986), indique qu'elles correspondent à des chromites alumineuses, des chromites ferrifères ou à des magnétites chromifères (Figure 6.9). Bien que les cœurs, les zones intermédiaires et les bordures des chromites ne se retrouvent pas tous dans le même champ, la figure 6.9 montre que : 1) la majorité des cœurs sont constitués de chromites alumineuses, 2) que la majorité des zones intermédiaires sont constituées de chromites ferrifères et 3) que la majorité des bordures sont constituées de magnétites chromifères. La grande variabilité de la distribution de la composition des différentes zones est le reflet des différentes morphologies et des différents patrons de zonations observés dans les chromites du Complexe de Menarik.

Étant donné que la transformation entre les cœurs, les zones intermédiaires et les bordures de la chromite est graduelle, la moyenne de chaque zone peut être évaluée à partir des analyses des chromites du Complexe de Menarik (Figure 6.10). Le tableau 6.2 donne les intervalles de variations pour les éléments majeurs de la chromite pour chaque zone.

Tableau 6.2 Intervalles de composition (% poids) des différentes zones des grains de chromites du Complexe de Menarik.

Éléments	Zone I	Zone II	Zone III
	Cœur	Intermédiaire	Bordure
Al₂O₃	16-18	0-1	0
Cr₂O₃	41-44	35-38	0-2
Fe₂O₃	4-8	25-30	65-69
FeO	21-24	26-27	29-32
TiO₂	0,3-0,7	0,9-1,1	0-0,1
MgO	3-5	0-1	0

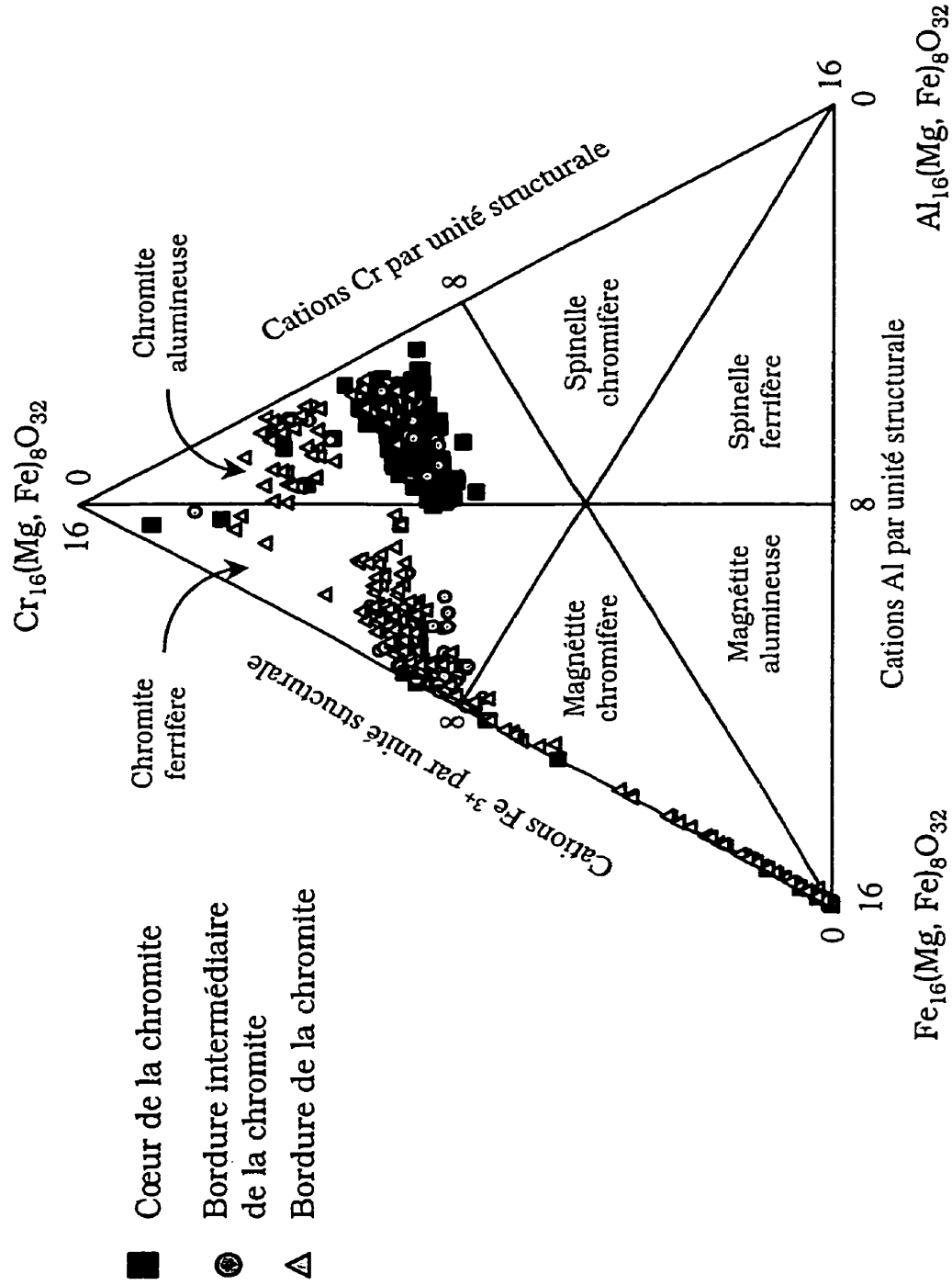


Figure 6.9 Composition de la chromite du CDM projetée dans le diagramme ternaire des cations trivalents Fe-Cr-Al (modifié de Whittaker, 1986).

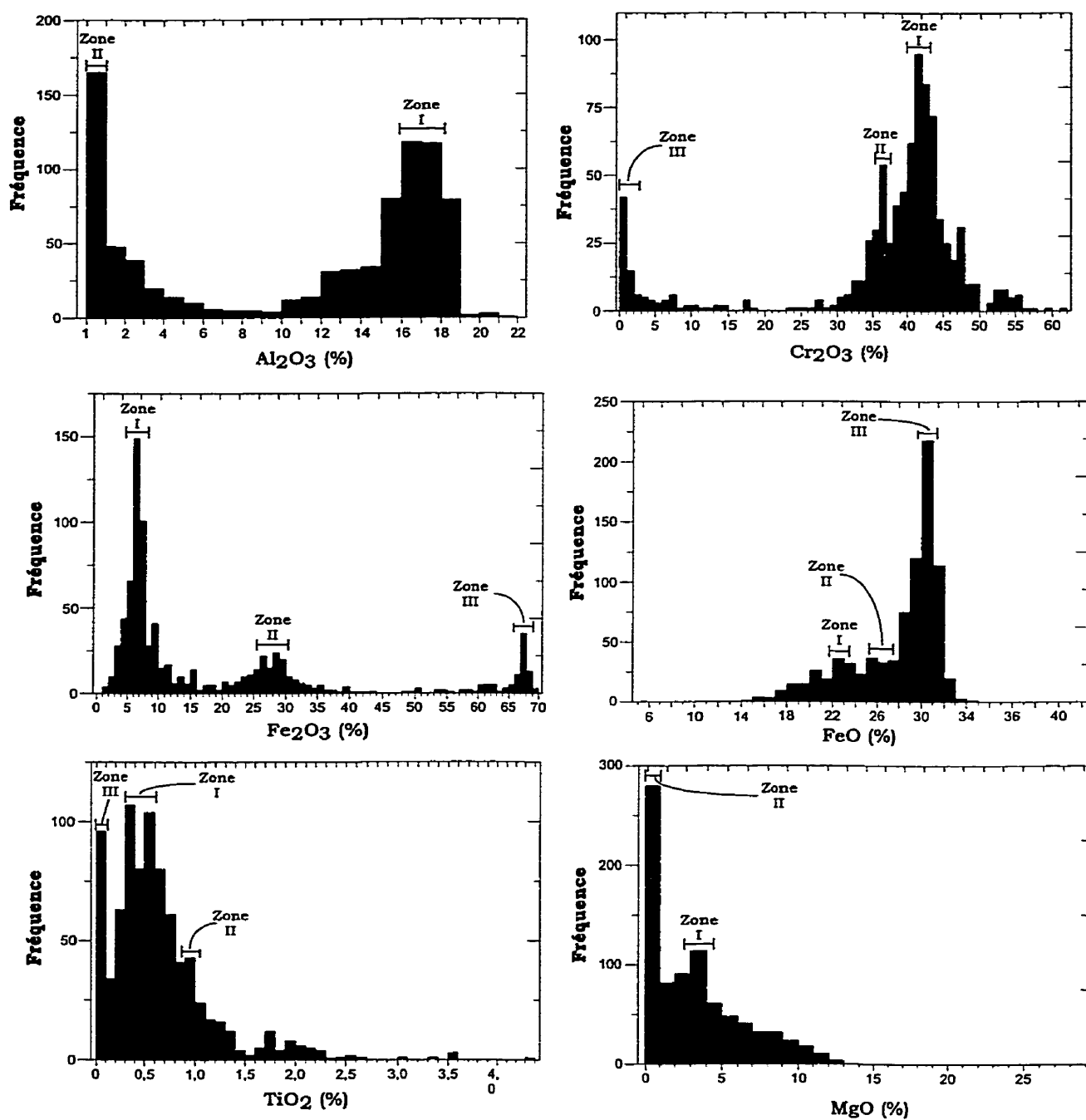


Figure 6.10 Histogrammes montrant la distribution des analyses de chromites du Complexe de Menarik pour les principaux éléments majeurs (Zone I, coeur des chromites, Zone II, zone intermédiaire des chromites et Zone III, bordure des chromites).

Étant donné la nature graduelle des variations de composition, des traverses à la microsonde électronique ont été effectuées sur les grains de chromite pour documenter la distribution des différents éléments (Figure 6.11).

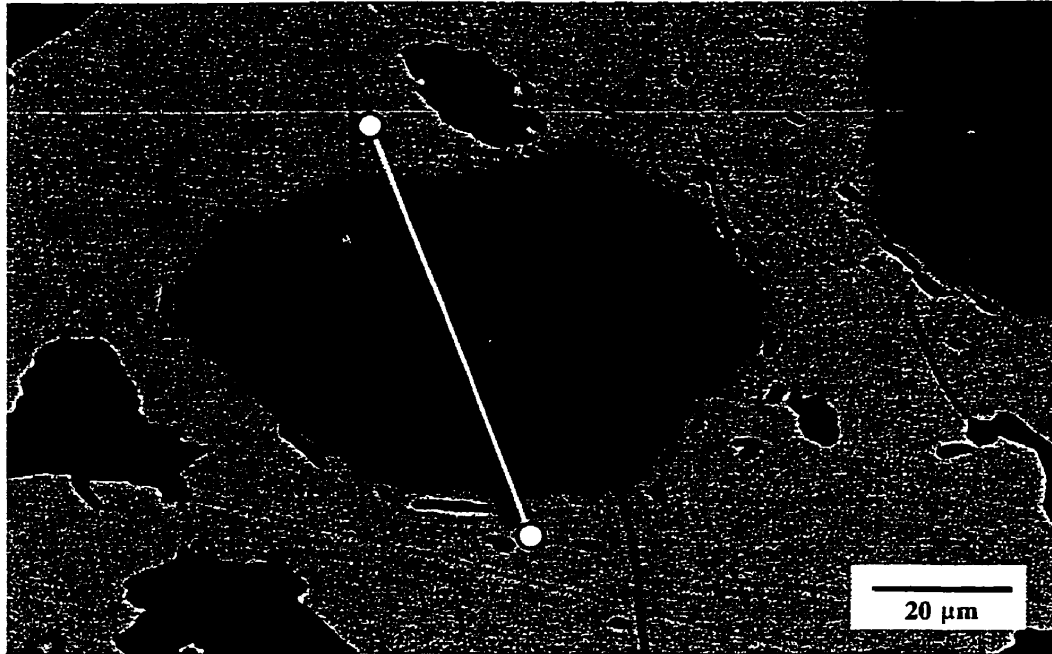


Figure 6.11 Exemple de traverse, à la microsonde électronique, dans un grain de chromite (groupe IIA) illustrant les variations de réflectivité entre les différentes zones de la chromite du Menarik (LM 97-MH-7371-19).

Les teneurs en Cr_2O_3 sont généralement constantes dans les zones I et III. Les concentrations en chrome sont élevées (~40 %) dans le cœur et baisse rapidement dans la zone de transition (zone II) pour atteindre des concentrations minimales dans la zone de bordure (~2%) (Figure 6.12).

L' Al_2O_3 et le MgO montrent des tendances similaires. Ils sont enrichis dans la zone I (~12 % Al_2O_3 et ~5 % MgO) et appauvris dans la zone III (Al_2O_3 et MgO < 1 %) (Figure 6.12). La zone de transition (II) se caractérise généralement par des baisses importantes et rapides pour ces éléments.

Dans la chromite, le Fe_2O_3 et le FeO montrent des tendances inverses de celles du Cr_2O_3 . Les teneurs en FeO (~22 %) et en Fe_2O_3 (~10 %) sont faibles dans le cœur des grains et augmentent plus ou moins rapidement dans les zones intermédiaires pour atteindre des teneurs maximales et constantes de ~68 % (Fe_2O_3) et de ~30 % (FeO) dans la zone III (Figure 6.12). La zone I est caractérisée un patron convexe qui illustre une diminution graduelle et symétrique du FeO à proximité de la zone II. Ceci résulte possiblement d'un processus de diffusion du FeO .

Le MnO et le TiO_2 montrent des tendances similaires. La zone I est enrichie en ces deux éléments (~1,5 % MnO et ~1,2 % TiO_2) comparativement à la zone de bordure (<<1 %) (Figure 6.12). La zone II montre des pics d'enrichissement pour ces deux éléments bien que beaucoup plus marqué pour le MnO . La distribution du MnO dans la zone I montre également un patron concave qui illustre une augmentation importante de la concentration en MnO dans la zone II (~6,5 %) qui chute ensuite dans la zone de bordure.

Le NiO et ZnO montrent des tendances inversées. Le NiO est appauvri dans le cœur (<<<1 %) et légèrement enrichi dans la zone de bordure (~0,4 %). Le ZnO est légèrement enrichi dans la zone I (~0,6 %) et appauvri dans la zone III (~0,2 %). Dans la zone II, la zone de transition pour ces deux éléments est graduelle (Figure 6.12).

La distribution des différents éléments chimiques dans la chromite du Menarik montrent des spectres généralement similaires à ceux de la figure 6.12. Par contre, certaines variantes sont localement observées. Les spectres pour les différents éléments chimiques peuvent constituer des plateaux ou des formes convexes ou concaves.

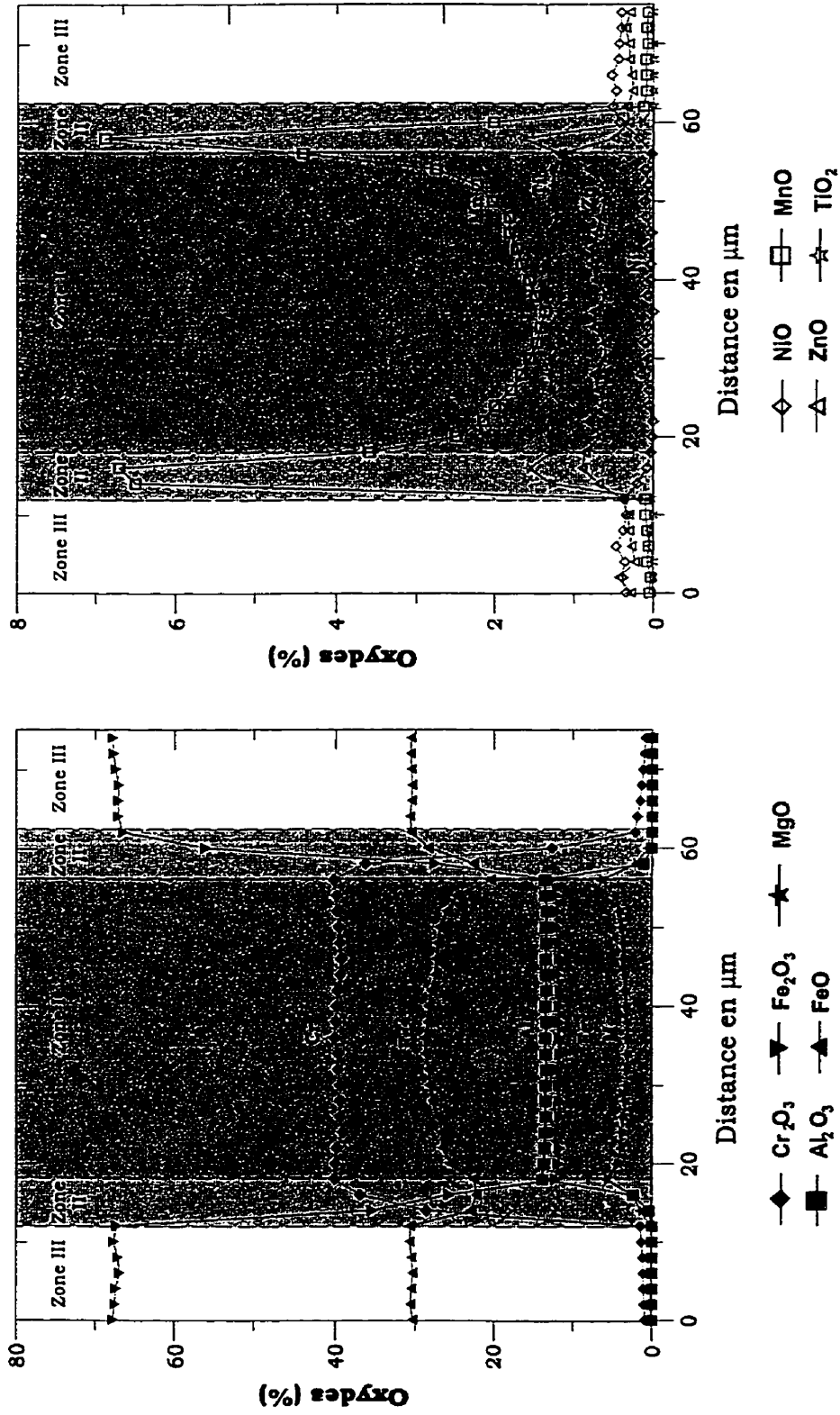


Figure 6.12 Variations des concentrations des différents oxydes à l'intérieur d'une chromite zonée, échantillon 97-MH-7371-19.

6.1.2.3 Effet du métamorphisme et de l'altération sur la composition de la chromite

Dans les roches ignées, la composition de la chromite est sensible à la composition du magma, à la pression de cristallisation et au degré de fusion partielle de la source mantellique (Irvine, 1965, 1967; Dick et Bullen 1984). Cependant, l'altération et le métamorphisme de la chromite s'exprime par un changement de composition chimique caractérisé par trois effets principaux (Spangenberg, 1943; Mihalik et Saager, 1968; Beeson et Jackson, 1969; Frisch, 1971; Onyeagocha, 1974; Ulmer, 1974; Evans et Frost, 1975; Bliss et MacLean, 1975; Hoffman et Walker, 1978; Loferski et Lipin, 1983; Kimball, 1990; Burkhard, 1993; Liipo et al., 1995; Abzalov, 1998; Barnes, 1998; Bédard et Hébert, 1998; Barnes, 2000). Premièrement, il se produit généralement des échanges post-cumulus Mg-Fe entre la chromite et les silicates magnésiens, essentiellement l'olivine (Roeder et Campbell, 1985; Peltonen, 1995). Deuxièmement, la composition de la chromite est progressivement modifiée lors du métamorphisme prograde par la diffusion des éléments majeurs comme Mg, Fe, Al et Cr vers les minéraux silicatés environnants (Evans et Frost, 1975; Kimball, 1990). Troisièmement, la chromite développe progressivement une zonation résultant d'une transformation en magnétite chromifère ou en ferritchromite (Spangenberg, 1943).

Les figures 6.13A et B montrent les compositions des chromites du CDM selon le nombre Cr# et le nombre Fe³⁺# en fonction du nombre Mg#. Le vecteur 1 représente l'évolution de la composition de la chromite en fonction de l'augmentation du taux de fusion partielle tandis que le vecteur 2 est fonction de la cristallisation fractionnée (Dick et Bullen, 1984). Dans le diagramme, les compositions des chromites du CDM ne montrent pas ces deux tendances (vecteurs 1 et 2) mais plutôt les tendances 3 et 4 (Figure 6.13A et B). La tendance horizontale (3) résulte d'un échange Mg-Fe (rééquilibrage subsolidus) entre la chromite et l'olivine combinée avec la migration du magnésium vers les silicates environnants. La tendance verticale (4) résulte de la transformation graduelle de la chromite en ferritchromite. Cette transformation est causée essentiellement par la migration de l'aluminium, et quelque peu du chrome, vers les silicates environnants

et ceci au détriment du fer dans le site des cations trivalents du spinelle. Cette substitution progressive de l'Al par le Fe^{3+} favorise la formation de minéraux alumineux et chromifères comme la chlorite, au détriment de la serpentine, et l'apparition de chlorite et d'amphiboles chromifères. Les variations de composition observées dans les chromites du CDM sont donc principalement dues à des processus postérieurs à la cristallisation de celle-ci.

6.1.2.4 Composition "primaire" de la chromite

Plusieurs facteurs doivent être pris en considération lors de l'utilisation de la chromite à des fins pétrogénétiques. Pour la modélisation pétrogénétique la composition de la chromite doit refléter la composition primaire du minéral lors de sa cristallisation. Dans l'étude des chromites du Menarik, un filtrage des données de spinelle est nécessaire compte tenu du métamorphisme. Ainsi, les analyses possédant les caractéristiques suivantes seront rejetées:

- les magnétites chromifères résultent de la transformation de la chromite originelle en ferritchromite (toutes les analyses contenant 8 cations et plus de Fe^{3+} par unité structurale) (Figure 6.9);
- les analyses contenant < 10 % aluminium. La distribution des éléments lors des cartographies et des traverses de grains de chromite démontrent la grande mobilité de l'aluminium dans le spinelle du CDM (appauvrissement de l'Al vers la bordure). La limite est fixée à 10 % compte de tenu de la distribution des analyses dans l'histogramme de l'Al (Figure 6.10).

Après le filtrage des données, la composition moyenne de la chromite a été calculée pour les différents faciès lithologiques du Complexe de Menarik (Tableau 6.3). Toutefois, la composition calculée du spinelle primaire des webstérites (NZU) et des pyroxénites à MG ne respectent pas les critères de filtrage déterminés précédemment car la magnétite est le spinelle primaire dans ces lithologies générées à partir d'une source magmatique différente (également suggéré par les relations de terrain et la géochimie des éléments traces).

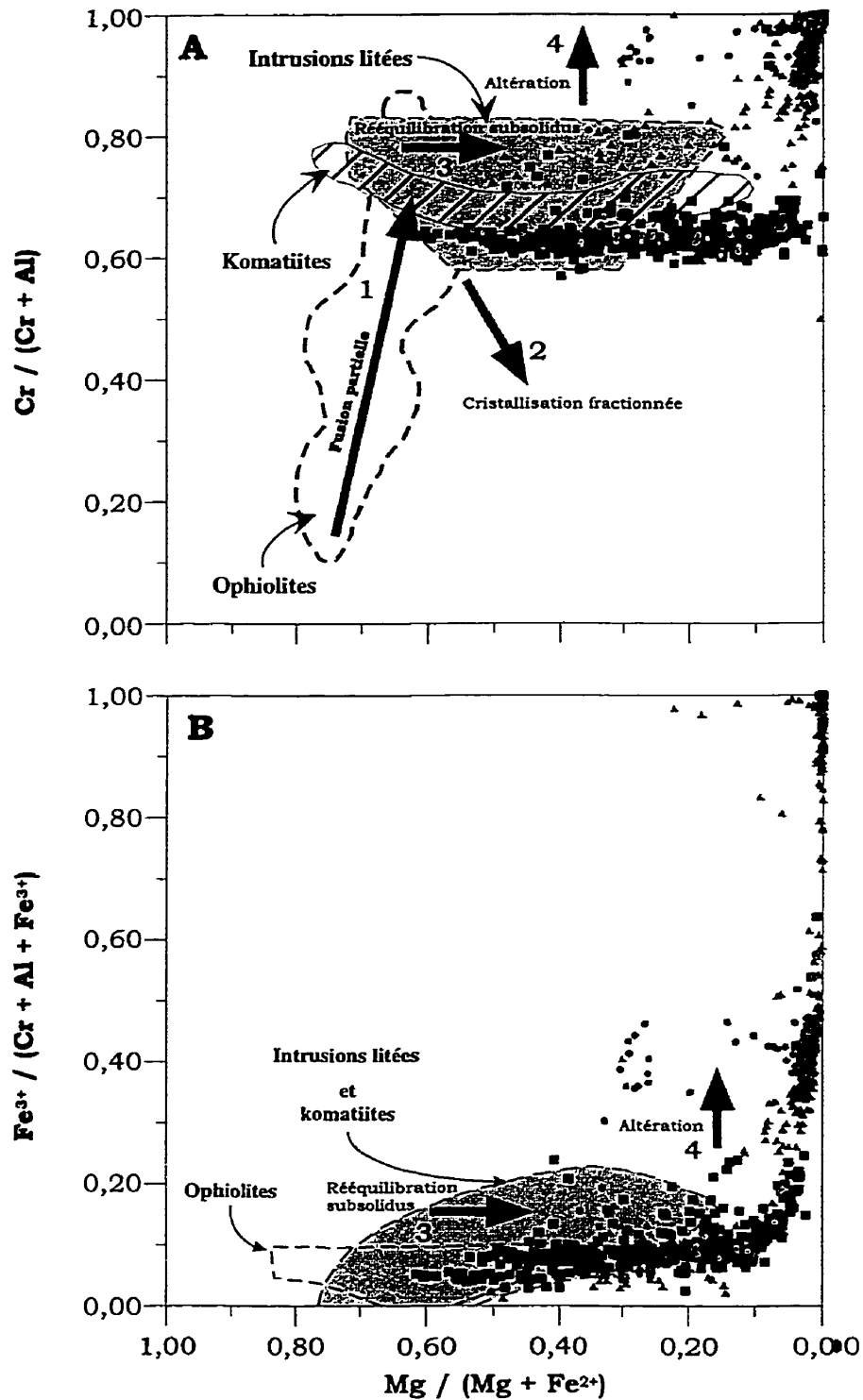


Figure 6.13 Diagrammes montrant la distribution des analyses de chromites du Complexe de Menarik pour les principaux éléments majeurs (Zone I, coeur des chromites, Zone II, zones intermédiaires des chromites et Zone III, bordures des chromites). Légende: se référer à la figure 6.9. Champs tirés de Dick et Bullen (1984).

Tableau 6.3 Composition moyenne des chromites primaires des différentes unités du CDM.

Unité	Chr		Chr Sil		Du		Du à chro		Harzb		Harzb à chro		Lherz	
	x	s	x	s	x	x	s	x	s	x	s	x	s	
SiO ₂	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	
TiO ₂	0,29	0,11	0,54	0,33	0,79	0,69	0,07	0,92	0,45	0,77	0,35	1,26	0,48	
Al ₂ O ₃	17,15	2,26	16,91	1,27	15,47	16,96	1,06	14,16	1,17	16,28	1,51	14,23	1,19	
V ₂ O ₃	0,18	0,05	0,16	0,08	0,37	0,19	0,07	0,29	0,10	0,19	0,08	0,30	0,12	
Cr ₂ O ₃	48,20	3,03	43,30	2,47	41,80	42,63	0,51	39,64	1,39	41,43	1,43	37,19	1,69	
Fe ₂ O ₃	3,95	0,88	6,52	1,90	6,73	6,60	0,11	10,51	2,21	7,71	1,45	12,19	2,19	
MgO	8,89	2,37	5,38	2,65	2,15	4,81	2,43	1,55	0,57	3,64	2,22	2,46	2,35	
MnO	0,47	0,12	0,62	0,34	0,86	0,63	0,10	0,83	0,38	0,80	0,38	1,48	0,72	
FeO	20,86	3,46	26,07	3,81	30,39	27,10	3,35	31,50	0,94	28,61	3,08	29,49	3,63	
CoO	0,08	0,02	0,08	0,07	n.a.	n.a.	n.a.	0,14	0,03	0,12	0,10	0,09	0,06	
NiO	0,08	0,05	0,05	0,05	0,09	0,12	0,02	0,06	0,05	0,06	0,06	0,11	0,05	
ZnO	0,15	0,10	0,23	0,23	1,39	0,19	0,07	0,54	0,18	0,30	0,21	0,77	0,20	
Total:	100,27		99,83		100,10	99,96		100,11		99,89		99,44		
Si	0,01		0,01		0,01	0,01		0,01		0,01		0,01		
Ti	0,06		0,11		0,16	0,14		0,19		0,16		0,26		
Al	5,21		5,30		5,00	5,33		4,62		5,18		4,64		
V	0,04		0,03		0,08	0,04		0,06		0,04		0,07		
Cr	9,85		9,11		9,06	9,00		8,68		8,85		8,15		
Fe ³⁺	0,77		1,31		1,39	1,33		2,19		1,57		2,55		
Mg	3,41		2,11		0,88	1,90		0,64		1,45		1,00		
Mn	0,10		0,14		0,20	0,14		0,19		0,18		0,34		
Fe ²⁺	4,52		5,83		6,97	6,06		7,30		6,48		6,85		
Co	0,02		0,02		n.a.	n.a.		0,03		0,03		0,02		
Ni	0,02		0,01		0,02	0,03		0,01		0,01		0,02		
Zn	0,03		0,05		0,28	0,04		0,11		0,06		0,16		
Total:	24,00		24,01		24,06	24,00		24,02		24,01		24,04		
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,17	0,05	0,23	0,07	0,20	0,22	0,02	0,30	0,06	0,24	0,04	0,38	0,07	
Cr#	65,37	4,25	63,22	1,91	64,45	62,80	1,25	65,30	1,76	63,12	1,88	63,72	1,64	
Mg#	42,96	10,56	26,56	12,38	11,20	23,83	11,67	8,02	2,87	18,23	10,58	12,72	12,06	
Fe#	4,85	1,10	8,35	2,68	8,99	8,47	0,34	14,15	3,03	10,09	2,14	16,61	3,16	
Cr/Fe	1,92	0,35	1,32	0,27	1,08	1,23	0,13	0,92	0,08	1,12	0,17	0,89	0,15	
n	43		259		1	3		18		101		23		

Formules structurales calculées sur 32 oxygènes

Cr# = 100 x Cr/(Cr+Al)

Mg# = 100 x Mg/(Mg+Fe²⁺)

Fe# = 100 x Fe³⁺/(Fe³⁺+Al+Cr)

NZU = Roche n'appartenant pas à la Zone Ultramafique

n = nombre d'analyses

x = moyenne

s = écart-type

Tableau 6.3 Composition moyenne des chromites primaires des différentes unités du CDM (suite).

Unité	Lherz à chro		Perid		Webst Ol		Webst		Webst (NZU)		Px à MG (NZU)	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
SiO ₂	0,05	0,12	0,20	0,24	0,02	0,01	0,01	0,00	0,38	0,17	0,04	0,02
TiO ₂	1,18	0,61	0,33	0,00	0,95	0,47	2,70	2,44	0,28	0,07	0,14	0,14
Al ₂ O ₃	14,82	1,48	14,61	0,36	16,03	0,96	12,47	0,47	0,01	0,01	0,04	0,02
V ₂ O ₃	0,23	0,06	0,16	0,05	0,28	0,05	0,32	0,17	0,00	0,00	0,17	0,08
Cr ₂ O ₃	40,02	2,10	43,14	0,01	41,20	0,63	33,28	1,27	0,06	0,01	0,10	0,10
Fe ₂ O ₃	9,93	2,41	7,15	0,17	6,57	1,38	13,68	5,68	67,22	0,37	67,62	0,43
MgO	3,62	2,14	3,30	0,86	2,26	0,17	0,48	0,01	0,04	0,04	0,06	0,03
MnO	1,38	1,15	0,49	0,06	0,73	0,08	1,37	0,31	0,07	0,05	0,05	0,03
FeO	28,13	3,46	28,12	1,31	30,65	0,35	33,29	1,81	30,64	0,14	30,59	0,17
CoO	0,08	0,07	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,20	0,08	0,39	0,04	n.a.	n.a.
NiO	0,07	0,06	0,05	0,02	0,09	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,04	0,03
ZnO	0,50	0,29	2,27	0,16	0,71	0,12	1,28	0,20	0,33	0,08	0,02	0,04
Total:	99,90		99,83		99,49		99,07		99,44		98,89	
Si	0,01		0,06		0,01		0,00		0,12		0,01	
Ti	0,24		0,07		0,20		0,58		0,06		0,03	
Al	4,75		4,72		5,18		4,19		0,00		0,01	
V	0,05		0,04		0,06		0,07		0,00		0,04	
Cr	8,61		9,35		8,94		7,50		0,02		0,02	
Fe ³⁺	2,04		1,48		1,36		2,93		15,65		15,84	
Mg	1,45		1,35		0,93		0,20		0,02		0,03	
Mn	0,32		0,11		0,17		0,33		0,02		0,01	
Fe ²⁺	6,42		6,45		7,03		7,94		7,93		7,96	
Co	0,02		n.a.		n.a.		0,05		0,10		n.a.	
Ni	0,02		0,01		0,02		0,00		0,00		0,01	
Zn	0,10		0,46		0,14		0,27		0,08		0,01	
Total:	24,02		24,08		24,03		24,07		23,99		23,99	
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,32	0,10	0,23	0,01	0,19	0,04	0,37	0,17	1,97	0,01	1,99	0,02
Cr#	64,48	1,74	66,46	0,55	63,31	1,67	64,15	1,74	80,89	18,16	51,48	23,71
Mg#	18,49	10,64	17,27	4,41	11,63	0,77	2,49	0,19	0,22	0,22	0,36	0,20
Fe#	13,26	3,44	9,49	0,27	8,75	1,76	19,81	6,86	99,87	0,04	99,76	0,19
Cr/Fe	1,04	0,16	1,18	0,05	1,07	0,03	0,69	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
n		41		2		4		2		10		6

Formules structurales calculées sur 32 oxygènes

Cr# = 100 x Cr/(Cr+Al)

Mg# = 100 x Mg/(Mg+Fe²⁺)

Fe# = 100 x Fe³⁺/(Fe³⁺+Al+Cr)

NZU = Roche n'appartenant pas à la Zone Ultramafique

n = nombre d'analyses

x = moyenne

s = écart-type

Les compositions des cœurs de chromites du Complexe de Menarik sont généralement très constantes. Peu importe la lithologie, les valeurs calculées varient très peu pour le Cr# (entre 62 et 66) et le ratio Fe^{3+}/Fe^{2+} (entre 0,17 et 0,42). La valeur du $Fe^{3+}\#$ est plus variable (entre 4,85 et 19,81). Par contre, le Mg# est plus variable (entre 42,96 et 2,49). Bien que les analyses retenues, après filtrage, représentent la composition des cœurs primaires de la chromite de cette intrusion, ils ont de tout même subi une rééquilibration sub-solidus entraînant cette variation dans le nombre Mg (Figure 6.13A). La chromite contenue dans les horizons de chromitites semble être celle qui se rapproche le plus de la composition du spinelle chromifère en équilibre avec le ou les magmas parentaux du Menarik.

L'étude de sections détaillées permet de déterminer des variations cryptiques de la composition de la chromite. Toutefois, ces variations ne sont pas très importantes. Ces dernières sont contrôlées par la proportion de chromite. Les figures 6.14 et 6.15 illustrent certaines variations cryptiques observées dans deux indices minéralisés du CDM. Dans les sections, le Cr#, le $Fe^{3+}\#$, le ratio Fe^{3+}/Fe^{2+} montrent des tendances similaires. Les valeurs pour ces rapports sont plus faibles dans les zones à chromitites et chromitites à silicate comparativement aux zones silicatées. Sur une épaisseur de moins de un mètre, on peut observer l'effet de la précipitation abondante de chromite où le Cr/Fe et le Cr_2O_3 montrent des tendances inverses. Ceci démontre un enrichissement de ces éléments dans les horizons de chromite. Ces ratios, pour une zone silicatée située entre deux lits de chromite, sont légèrement enrichis par rapport aux valeurs observées dans les roches silicatées éloignées des chromitites (Figures 6.14 et 6.15). La composition des spinelles des autres lithologies ultramafiques qui recoupent le CDM est très différente de celle du spinelle de la ZU. Par exemple, une webstérite provenant de la ZU montre des valeurs de 0,37 pour le ratio Fe^{3+}/Fe^{2+} , 64,15 pour le Cr#, 2,49 pour le Mg#, 19,81 pour le Fe# et de 0,69 pour le ratio Cr/Fe comparativement à des valeurs de 1,97 pour le ratio Fe^{3+}/Fe^{2+} , 80,89 pour le Cr#, 0,22 pour le Mg#, 99,87 pour le Fe# et de 0,69 pour le ratio Cr/Fe pour une webstérite qui recoupe le CDM. Ces deux roches ultramafiques sont par contre similaires pétrographiquement.

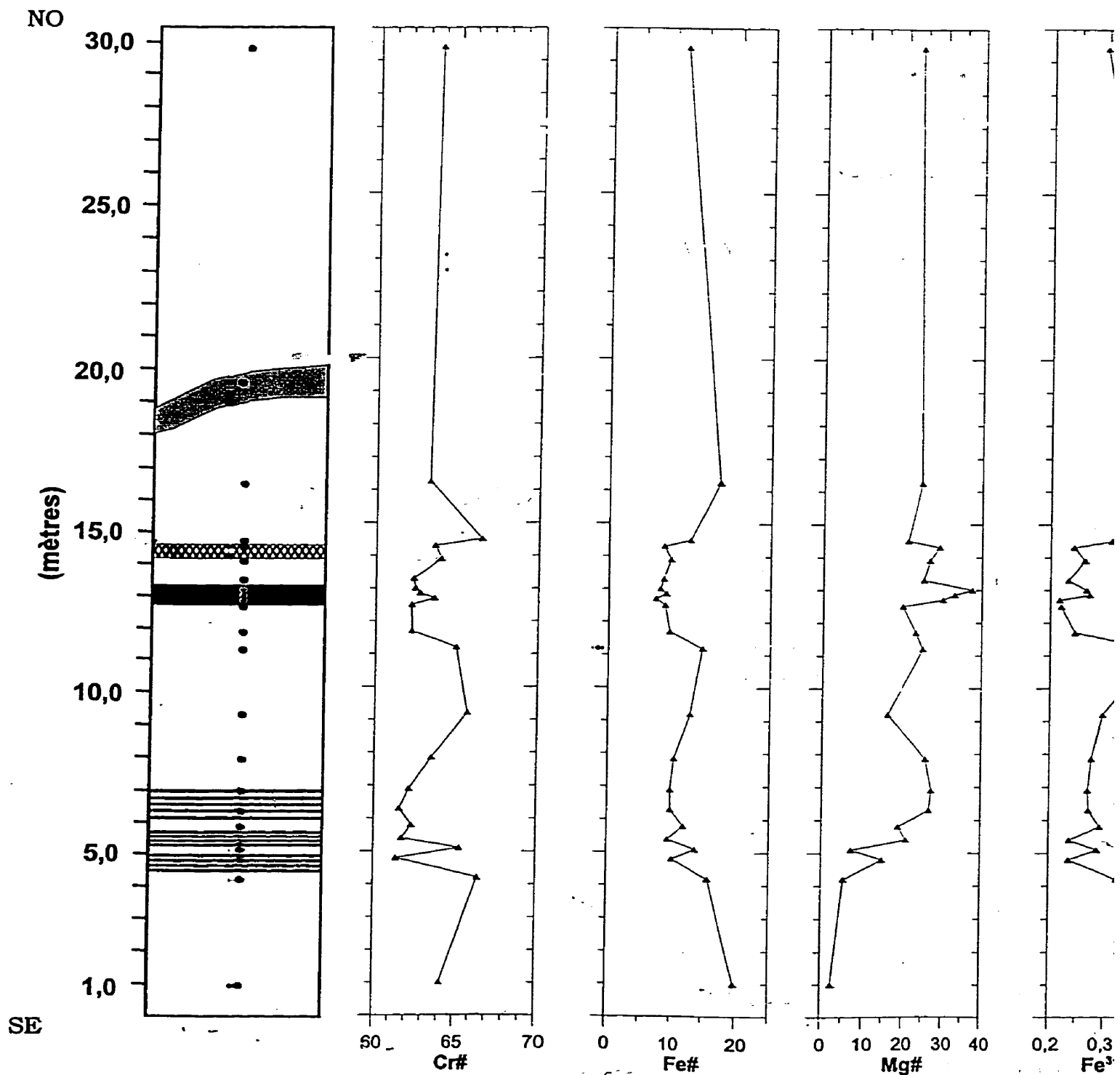
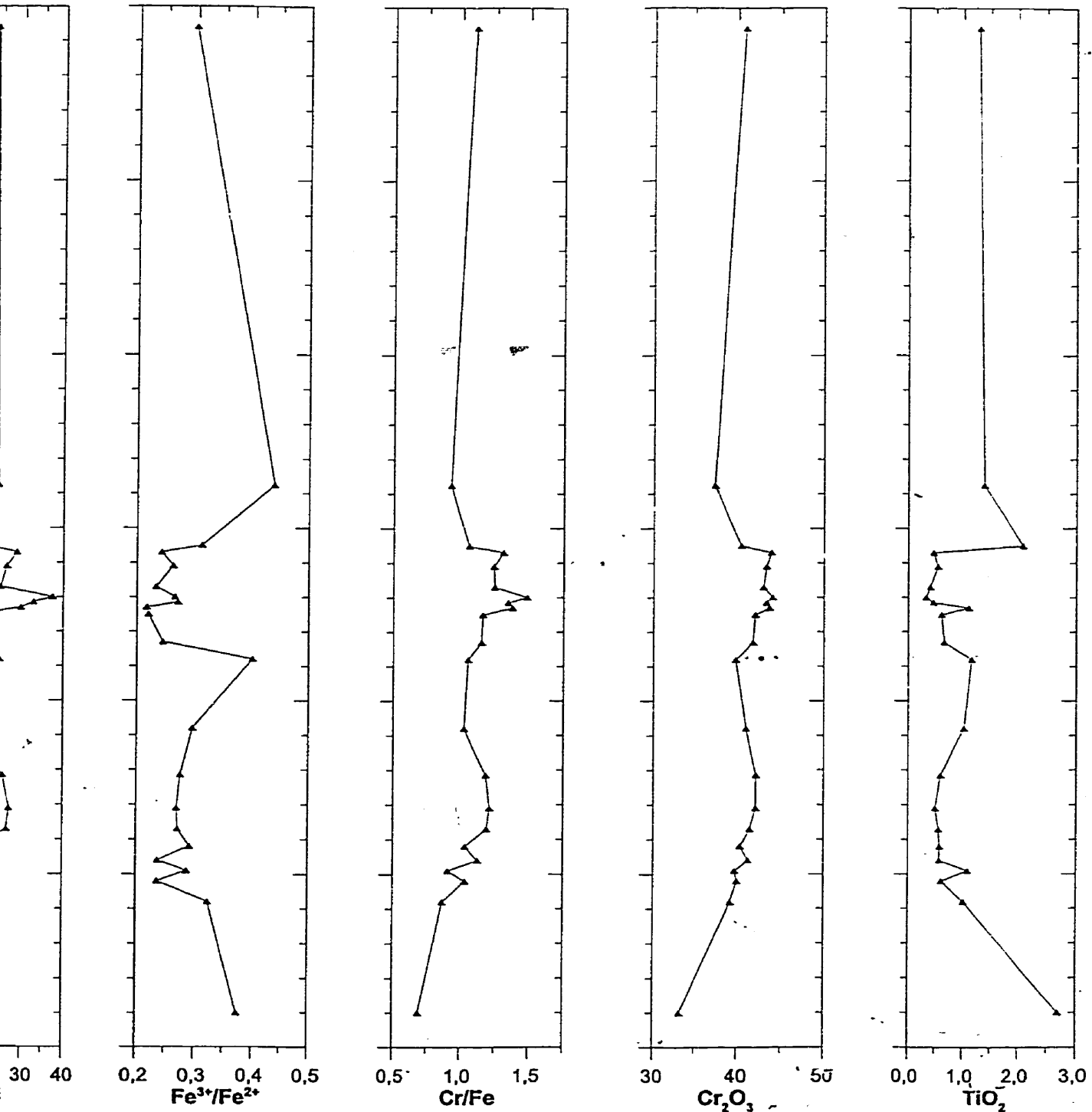


Figure 6.14 Coupe 97-MH-7371 montrant les variations du Cr#, du Fe#, du Mg#, du Fe³⁺,
Légende: se référer à la figure 5.13.



#, du $Mg\#$, du Fe^{3+}/Fe^{2+} , du Cr/Fe , du Cr_2O_3 et du TiO_2 dans une partie du Complexe de Menarik.

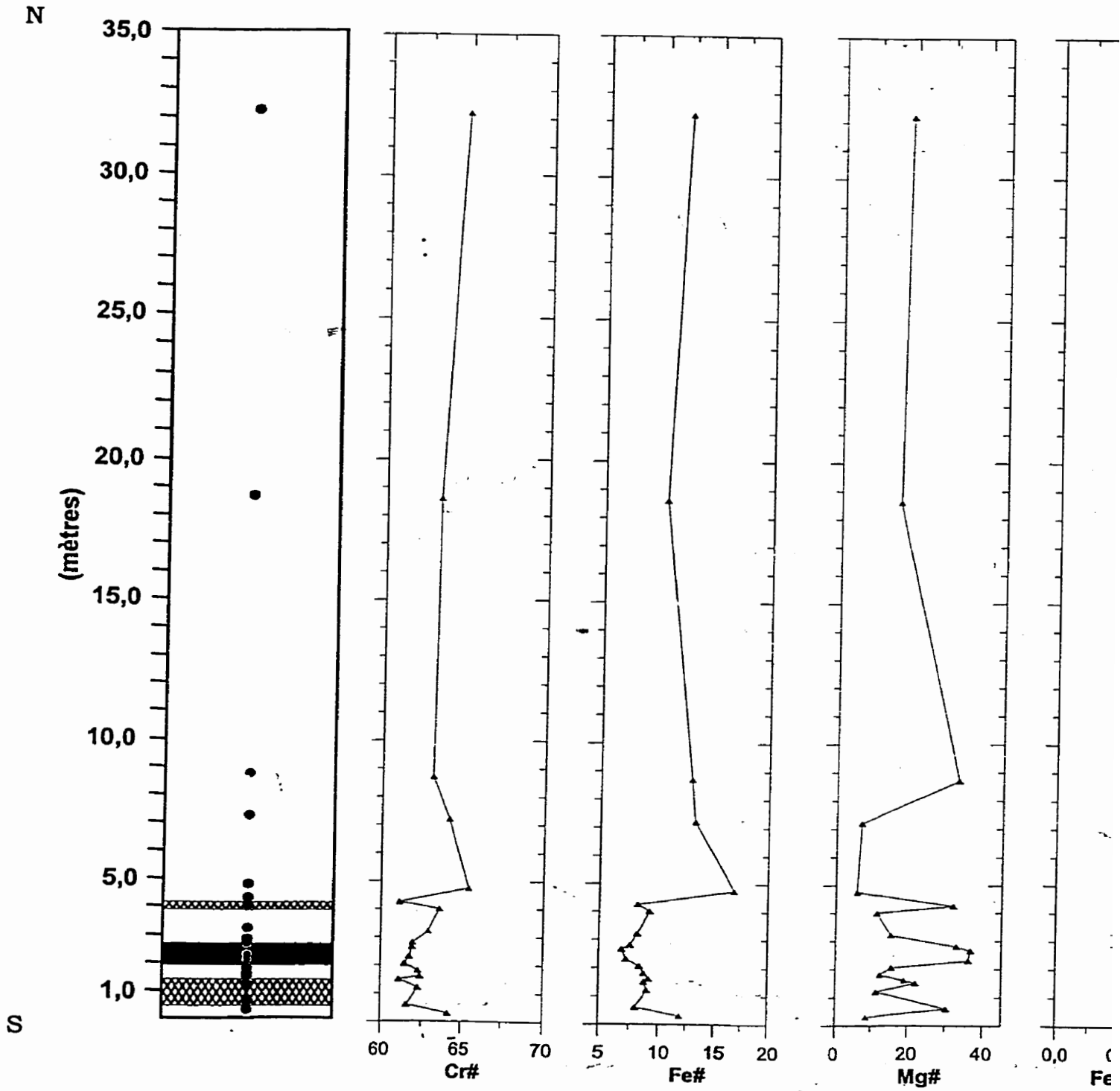
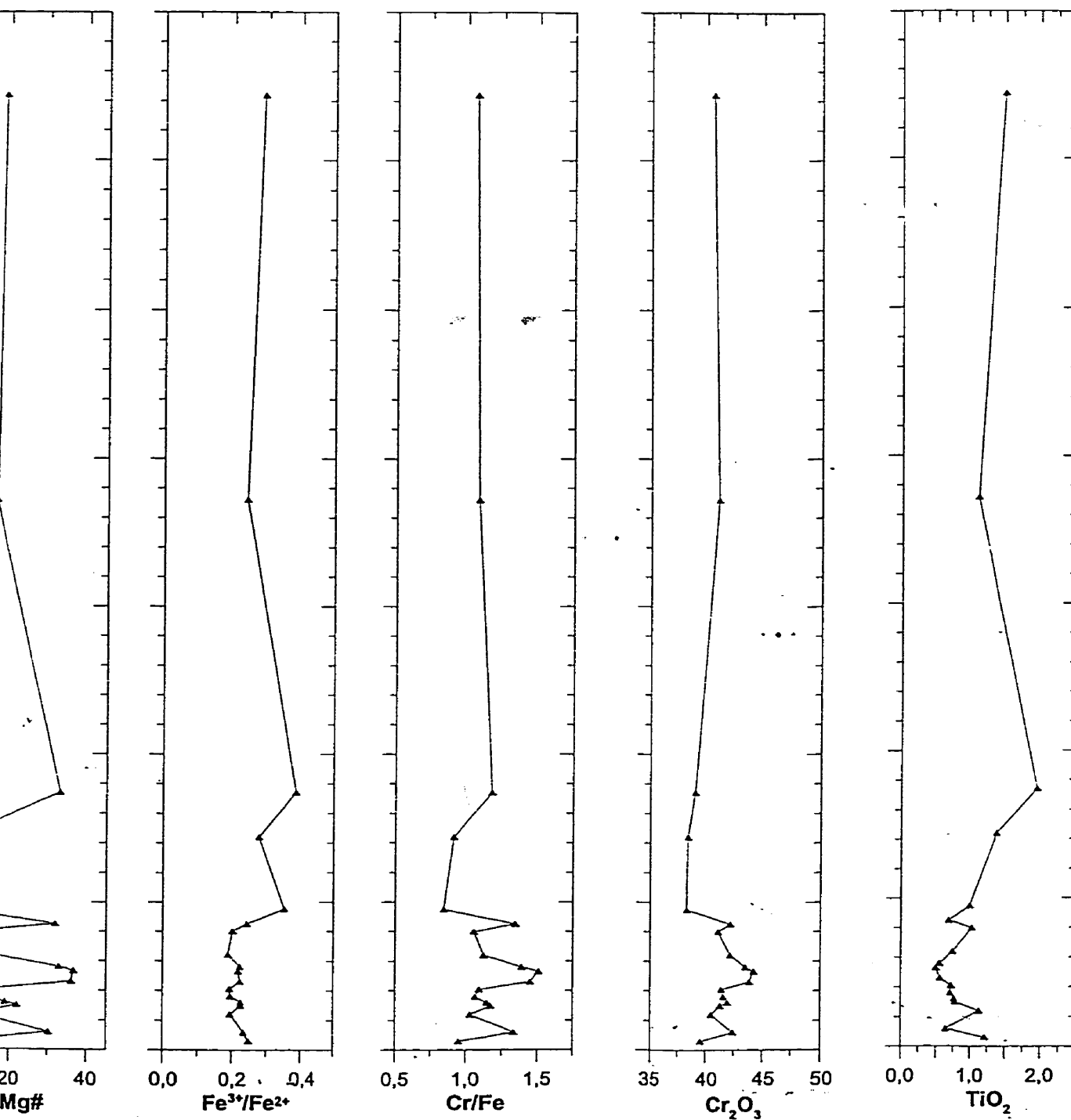


Figure 6.15 Coupe 97-MH-7374 montrant les variations du Cr#, du Fe#, du Mg#, du Fe³⁺
 Légende: se référer à la figure 5.14.



Fe#, du Mg#, du Fe³⁺/Fe²⁺, du Cr/Fe, du Cr₂O₃ et du TiO₂ dans une partie du Complexe de Menarik.

6.2 Minéralogie secondaire

6.2.1 Serpentine

Dans certains cas, il a été démontré que la composition de la serpentine peut refléter partiellement la composition du silicate primaire remplacé (Hébert et al., 1990; Cantin, 1988; Dungan, 1979; Golightly et al., 1979; Wicks et al., 1979). Ceci explique l'intérêt de caractériser la composition de la serpentine dans les roches du CDM (Tableau 6.4). Généralement les pseudomorphes d'olivine sont nickélicifères et appauvris en aluminium et en chrome. Les pseudomorphes d'orthopyroxène montrent des concentrations plus faibles en nickel et un contenu plus élevé en fer, en aluminium et en chrome. Les pseudomorphes de clinopyroxènes montrent un contenu en nickel très faible et des contenus en aluminium et en chrome relativement élevés (Hébert et al., 1990; Dungan, 1979). Les figures 6.16 et 6.17 suggèrent la présence des trois silicates ferromagnésiens communément observés dans les roches ultramafiques soit: l'olivine, l'orthopyroxène et le clinopyroxène. La serpentine, remplaçant l'olivine, présente des textures en maille et/ou en sablier. La serpentine, remplaçant l'orthopyroxène, est constituée de bastite, un type de lizardite, qui préserve très bien le clivage du pyroxène (Figure 6.16). Quant au clinopyroxène, la serpentine qui le remplace est constituée d'une multitude de petits feuilletés très finement grenus et se retrouve en position interstitielle aux cumulats d'olivine et d'orthopyroxène. La calcite est associée aux pseudomorphes de Cpx qui a pour effet d'incorporer une partie du calcium initial du silicate. La composition des serpentines suggèrent l'existence d'olivine, d'orthopyroxène et de clinopyroxène avant la serpentinisation complète des roches ultramafiques (Figure 6.17).

Tableau 6.4 Composition moyenne de la serpentine pour les différentes unités du CDM.

Unité	Chr Sil		Du à chro		Harzb		Harzb à chro		Lherz		Lherz à chro		Webst Ol		Filon Sf
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x
SiO ₂	42,03	1,66	43,20	0,27	42,51	0,41	42,50	1,22	42,01	1,50	42,22	1,36	42,67	0,60	46,34
TiO ₂	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00
Al ₂ O ₃	2,06	1,26	1,20	0,01	1,31	0,43	1,98	1,45	2,35	1,61	1,54	0,62	1,36	0,35	1,30
Cr ₂ O ₃	0,43	0,45	0,12	0,09	0,14	0,15	0,40	0,56	0,13	0,15	0,13	0,19	0,32	0,35	0,02
MgO	37,31	2,18	38,40	0,51	36,57	0,55	37,66	1,58	37,81	1,74	39,81	1,46	37,94	0,40	34,36
CaO	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,03	0,32	1,06	0,02	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,05
MnO	0,05	0,02	0,06	0,01	0,07	0,06	0,06	0,03	0,08	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01
FeO	5,53	2,13	4,68	0,14	7,36	0,36	5,10	0,90	5,27	1,91	3,35	1,78	5,13	0,19	4,81
NiO	0,12	0,05	0,09	0,01	0,05	0,04	0,12	0,03	0,07	0,02	0,06	0,07	0,09	0,01	0,40
H ₂ O	12,73	0,23	12,85	0,10	12,70	0,05	12,84	0,20	12,79	0,15	12,81	0,15	12,78	0,06	12,90
Total:	100,30		100,63		100,71		101,01		100,56		99,98		100,36		100,19
Si	1,98		2,02		2,01		1,98		1,97		1,98		2,00		2,15
Ti	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Al	0,11		0,07		0,07		0,11		0,13		0,09		0,08		0,07
Cr	0,02		0,00		0,01		0,01		0,00		0,01		0,00		0,00
Mg	2,62		2,67		2,57		2,62		2,64		2,78		2,65		2,38
Ca	0,00		0,00		0,00		0,02		0,00		0,00		0,00		0,00
Mn	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Fe ²⁺	0,22		0,18		0,29		0,20		0,21		0,13		0,20		0,19
Ni	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,02
Total	4,96		4,95		4,95		4,95		4,96		4,98		4,95		4,81
Al IV	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00
Al VI	0,08	0,04	0,07	0,00	0,07	0,02	0,08	0,06	0,10	0,04	0,05	0,03	0,07	0,01	0,07
Mg#	92,25	3,13	93,61	0,26	89,84	0,55	92,95	1,18	92,70	2,73	95,47	2,44	92,94	0,30	92,72
Cr#	10,43	7,03	6,10	4,49	6,50	6,39	9,37	5,56	3,53	2,82	5,56	7,01	11,06	8,07	1,04
n	15		2		9		28		13		13		13		1

Formules structurales calculées sur 28 oxygènes

Mg # = Mg / (Mg + Fe²⁺)

Cr # = Cr / (Cr + Al)

n = nombre d'analyses

x = moyenne

s = écart-type

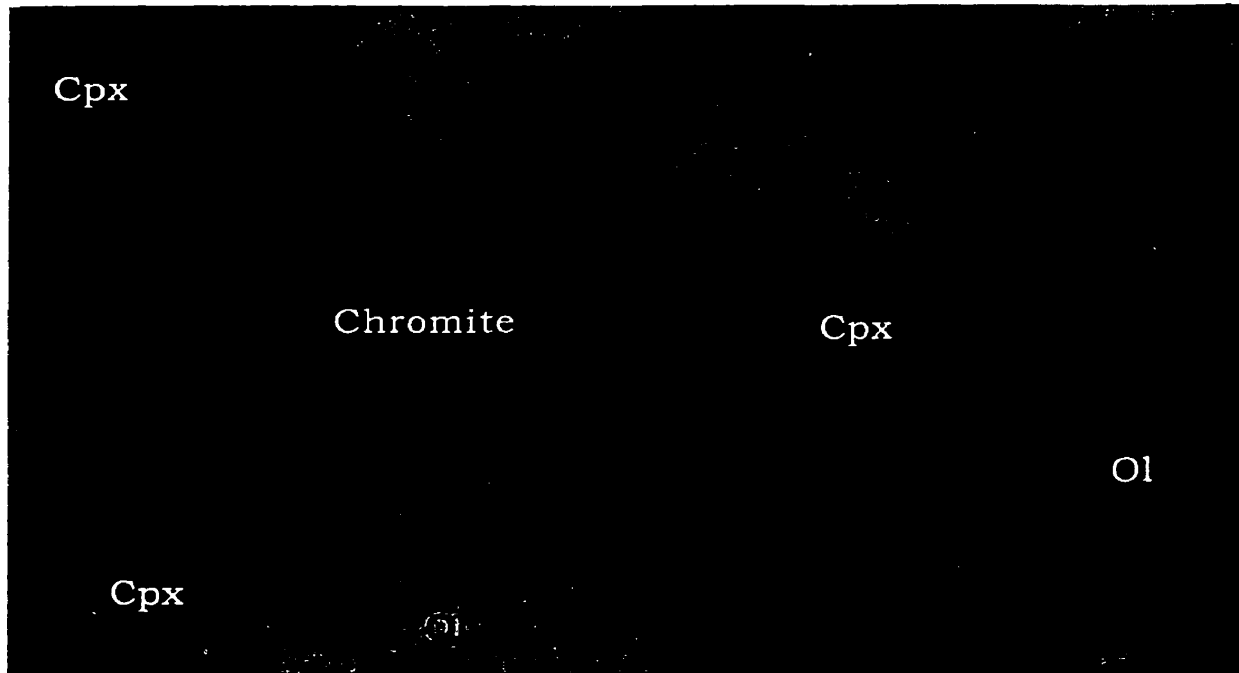


Figure 6.16 Serpentes qui remplacent l'olivine, l'orthopyroxène et le clinopyroxène dans une webstérite à olivine (LM-97-MH-7499).

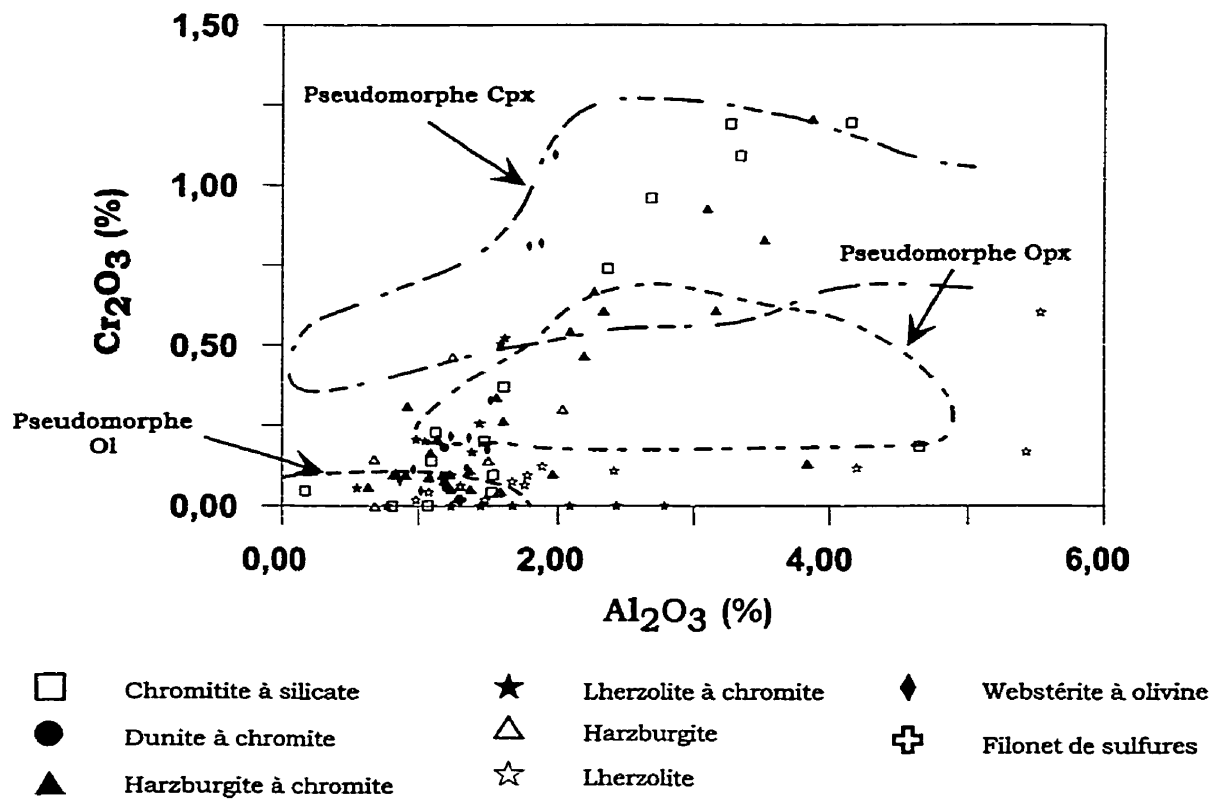


Figure 6.17 Cr_2O_3 et Al_2O_3 contenus dans les serpentines dérivées de l'olivine, l'orthopyroxène et le clinopyroxène (Champs tirés de Hébert et al., 1990).

6.2.2 Chlorite

Les différents types de chlorites dans les chromitites, les chromitites à silicate, les dunites à chromite, les harzburgites à chromite, les lherzolites à chromite, les péridotites, les harzburgites, les webstérites, les pyroxénites à magnétite et les filonnets de sulfure ont été analysés. D'après la nomenclature de Hey (1954), les chlorites peuvent être regroupées en deux groupes, soit les clinochlores, les penninites et les talc-chlorite font partie du groupe I qui correspond aux chlorites de la ZU; et les shéridanites, les clinochlores (plus ferrifère) et les pinochlorites font partie quant à elles du le groupe II qui correspond aux chlorites n'appartenant pas à la ZU (Figure 6.18 et Tableau 6.5). On note que les compositions des chlorites du groupe I ($Mg\#_{\text{Groupe I}} = 89-97$) sont beaucoup plus magnésiennes que celles du groupe II ($Mg\#_{\text{Groupe II}} = 76-81$).

Les diagrammes de covariation (Figure 6.19) entre le magnésium versus l'aluminium et le chrome montrent que le groupe I est constitué de chlorites plus alumineuses et chromifères que celles du groupe II. Cathelineau et Nieva (1985), Bevins et al. (1991) et Turcotte (1999) ont démontré que les rapports $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg^{2+})$ [$Mg\#$] dans les chlorites et la roche encaissante sont directement proportionnels. La figure 6.19C montre la relation qui existe entre le $Mg\#$ des chlorites et le $Mg\#$ de la roche encaissante pour le CDM. Cette relation suggère un déséquilibre important entre la composition de la chlorite et celle de la roche encaissante qui pourrait être reliée au remplacement de la serpentine par la chlorite dans les roches du CDM. La composition de la chlorite du CDM est probablement également le reflet de l'altération de la chromite. La chlorite montre généralement un enrichissement en chrome dépendant de la quantité de chromite contenue dans la roche encaissante et également de la proximité de celle-ci (Figure 6.19B). La chlorite se retrouve plus le fréquemment au pourtour de la chromite.

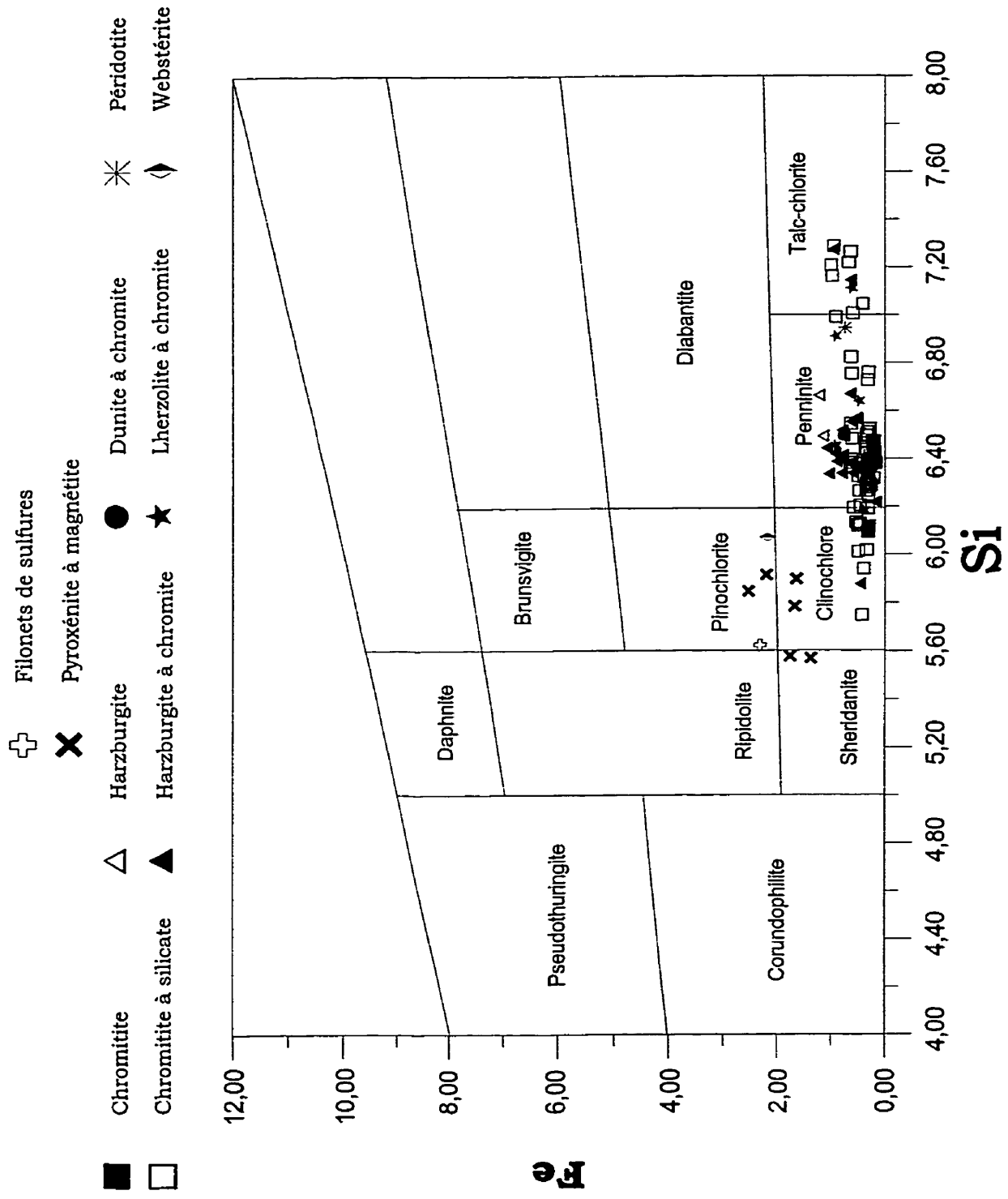


Figure 6.18 Classification des chlorites du Complexe de Menarik d'après la nomenclature de Hey (1954).

Tableau 6.5 Composition moyenne de la chlorite pour les différentes unités du CDM.

Unité	Chr		Chr SII		Du à chro		Harzd à chro		Lhez à chro	
	K	S	K	S	K	S	K	S	K	S
SiO ₂ (%)	33,36	0,98	33,99	1,79	34,40	34,21	34,21	1,69	35,11	1,89
TiO ₂	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01
Al ₂ O ₃	12,68	0,94	11,88	2,71	13,09	12,43	12,43	2,52	11,59	2,87
Cr ₂ O ₃	3,27	1,85	2,77	1,49	0,53	1,24	1,24	0,86	0,81	0,69
MgO	35,62	0,86	35,18	0,79	34,42	34,58	34,58	1,02	35,77	0,83
CaO	0,00	0,00	0,03	0,07	0,01	0,10	0,10	0,30	0,02	0,04
MnO	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
FeO	1,67	0,56	2,75	1,19	4,68	4,47	4,47	1,37	4,14	1,38
NiO	0,16	0,08	0,24	0,10	0,16	0,13	0,13	0,05	0,09	0,07
Na ₂ O	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,35	0,13	0,13	0,20	0,05	0,06
V ₂ O ₅	0,04	0,03	0,03	0,04	0,00	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01
H ₂ O (%)	12,66	0,09	12,62	0,10	12,70	12,64	12,64	0,12	12,73	0,06
Total:	99,49		99,55		100,41	99,99	99,99		100,33	
Si	6,32	6,46	6,50	6,49	6,50	6,49	6,49	6,62	6,00	6,62
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	2,83	2,66	2,92	2,78	2,92	2,78	2,78	2,57	2,57	2,57
Cr	0,49	0,42	0,08	0,19	0,08	0,19	0,19	0,12	0,12	0,12
Mg	10,06	9,97	9,69	9,78	9,69	9,78	9,78	10,05	10,05	10,05
Ca	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,26	0,44	0,74	0,71	0,74	0,71	0,71	0,65	0,65	0,65
Ni	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Na	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
K	0,00	0,00	0,08	0,03	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
V	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total:	20,01	20,00	20,05	20,04	20,05	20,04	20,04	20,04	20,04	20,04
Al IV	1,68	0,15	1,54	0,34	1,50	1,51	1,51	0,30	1,38	0,35
Al VI	1,16	0,18	1,12	0,31	1,41	1,27	1,27	0,28	1,19	0,30
Mg#	97,44	0,86	95,83	1,69	92,91	93,26	93,26	2,03	93,91	2,01
Cr#	14,43	7,42	13,57	6,67	2,64	6,39	6,39	4,57	5,24	5,39
n										
Formules structurales calculées sur 28 oxygènes										
Mg # = Mg / (Mg + Fe ²⁺)										
Cr # = Cr / (Cr + Al)										
n = nombre d'analyses										
x = moyenne										
s = écart-type										

Tableau 6.5 Composition moyenne de la chlorite pour les différentes unités du CDM (suite).

Unité	Périd	Harzb		Webst	Px à MG		Fillon Sf
	x	x	s	x	x	s	x
SiO ₂ (%)	36,84	34,03	1,07	30,50	29,11	0,67	28,00
TiO ₂	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,02
Al ₂ O ₃	10,24	11,95	0,79	15,66	18,46	1,42	19,40
Cr ₂ O ₃	2,43	0,10	0,01	0,43	0,10	0,04	0,02
MgO	33,41	32,97	0,60	26,94	27,31	1,37	24,92
CaO	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
MnO	0,05	0,05	0,03	0,14	0,14	0,04	0,22
FeO	4,64	7,31	0,40	13,08	11,22	2,47	13,77
NiO	0,07	0,09	0,01	0,21	0,06	0,05	0,22
Na ₂ O	n.a.	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02
K ₂ O	n.a.	0,01	0,01	n.a.	0,00	0,01	n.a.
V ₂ O ₅	n.a.	0,04	0,05	n.a.	0,05	0,06	n.a.
H ₂ O (%)	12,72	12,40	0,16	12,05	12,11	0,09	11,94
Total:	100,42	98,99		99,02	98,61		98,54
Si	6,95	6,58		6,07	5,77		5,62
Ti	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00
Al	2,28	2,73		3,68	4,31		4,59
Cr	0,36	0,02		0,07	0,02		0,00
Mg	9,39	9,51		8,00	8,06		7,46
Ca	0,00	0,01		0,00	0,00		0,00
Mn	0,01	0,01		0,02	0,02		0,04
Fe ²⁺	0,73	1,18		2,18	1,86		2,31
Ni	0,01	0,01		0,03	0,01		0,04
Na	n.a.	0,00		0,00	0,00		0,01
K	n.a.	0,00		n.a.	0,00		n.a.
V	n.a.	0,01		n.a.	0,01		n.a.
H	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00
Total:	19,73	20,05		20,06	20,07		20,08
Al IV	1,05	1,42	0,12	1,93	2,23	0,15	2,38
Al VI	1,22	1,31	0,10	1,75	2,08	0,16	2,22
Mg#	92,78	88,94	0,36	78,59	81,27	4,09	76,35
Cr#	13,72	0,57	0,07	1,82	0,36	0,12	0,07
n	1	2		1	6		1

Formules structurales calculées sur 28 oxygènes

Mg # = Mg / (Mg + Fe²⁺)

Cr # = Cr / (Cr + Al)

n = nombre d'analyses

x = moyenne

s = écart-type

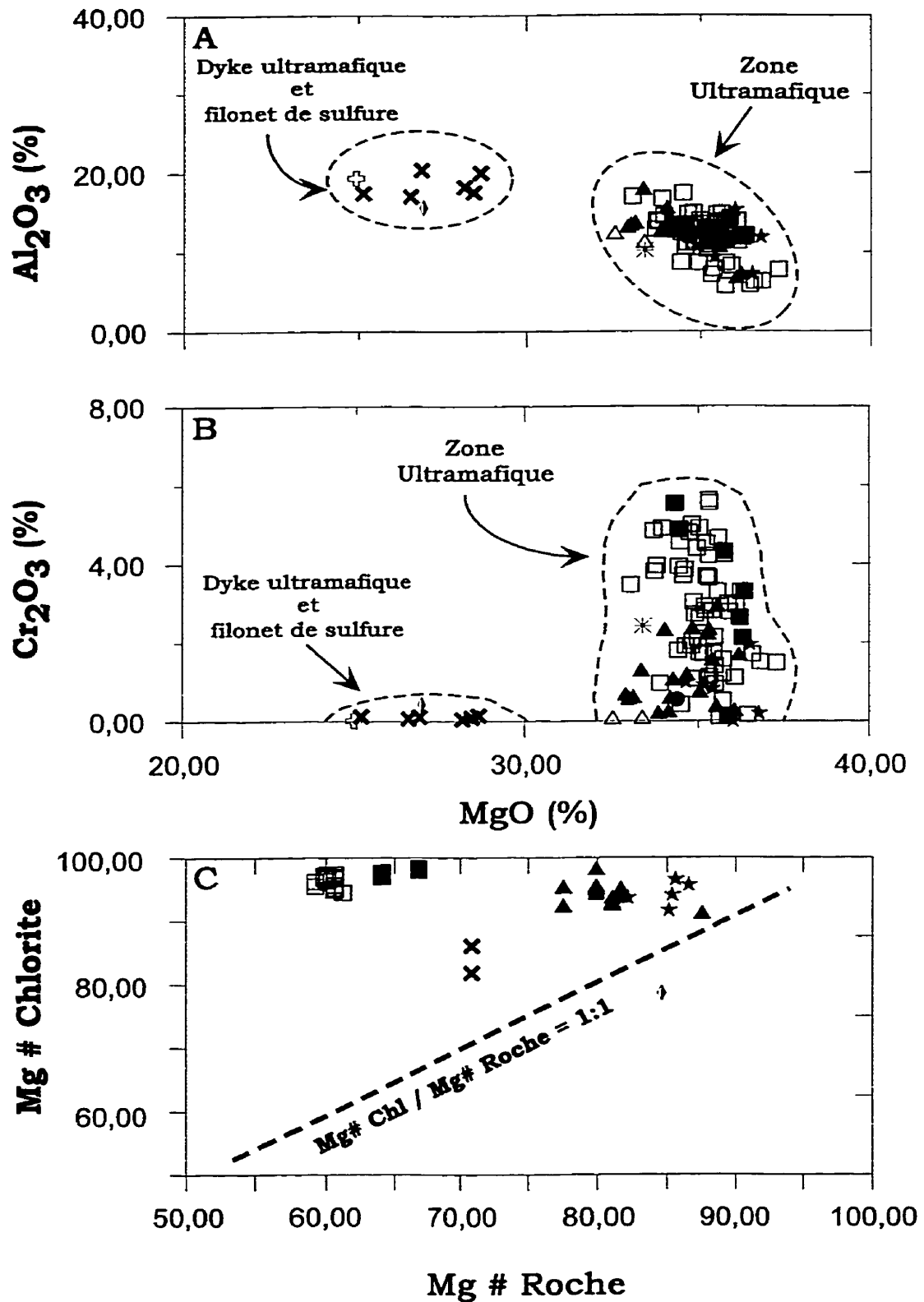


Figure 6.19 Diagrammes de covariations des éléments majeurs et des rapports du nombre Mg des chlorites et des roches du Complexe de Menarik. (a) MgO versus Al_2O_3 . (b) MgO versus Cr_2O_3 . (c) Mg # de la roche encaissante versus le Mg# de la chlorite. Légende: se référer à la figure 5.2.

6.2.3 Amphibole

La figure 6.20 montre les amphiboles du CDM se regroupent, comme les chlorites, en deux groupes. Le groupe I ($Mg\#_{\text{Groupe I}} = 95-97$) est plus magnésien et plus chromifère comparativement au groupe II ($Mg\#_{\text{Groupe II}} = 84$) compte tenu que les roches du groupe I sont constituées de roches riches en Ol et chromite. Le groupe I comprend des analyses d'amphiboles provenant de la ZU du CDM tandis le Groupe II provient d'échantillons de roches qui recourent le CDM.

Les compositions des amphiboles dans les chromitites, les chromitites à silicate, les harzburgites à chromite, les lherzolites et les webstérites sont présentées selon la nomenclature de Leake (1978) (Figure 6.21 et Tableau 6.6). Les amphiboles CDM sont toutes des amphiboles métamorphiques dont la plupart sont de compositions calciques (trémolite, trémolite actinolitique et hornblende actinolitique). Deux d'entre eux sont des amphiboles calco-sodiques (barroisite). Les amphiboles ne sont pas observées dans toutes les lithologies mais reflètent plutôt l'existence de protolites plus riches en pyroxènes.

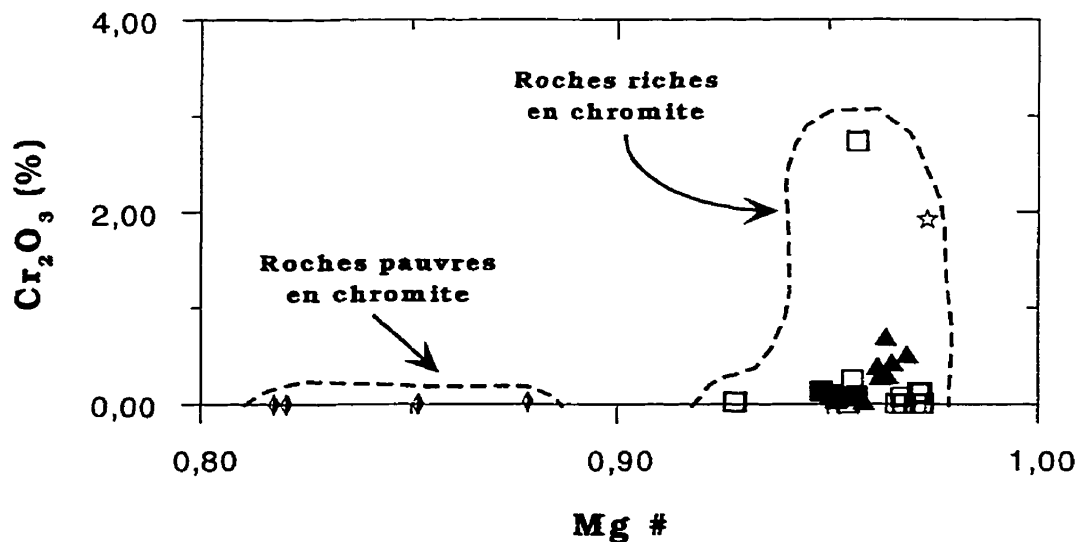


Figure 6.20 Graphique de covariation du Cr₂O₃ versus le Mg#. Deux groupes sont définis, un riche en chromite (ZU) et l'autre pauvre en chromite (NZU). Légende : se référer à la figure 5.2.

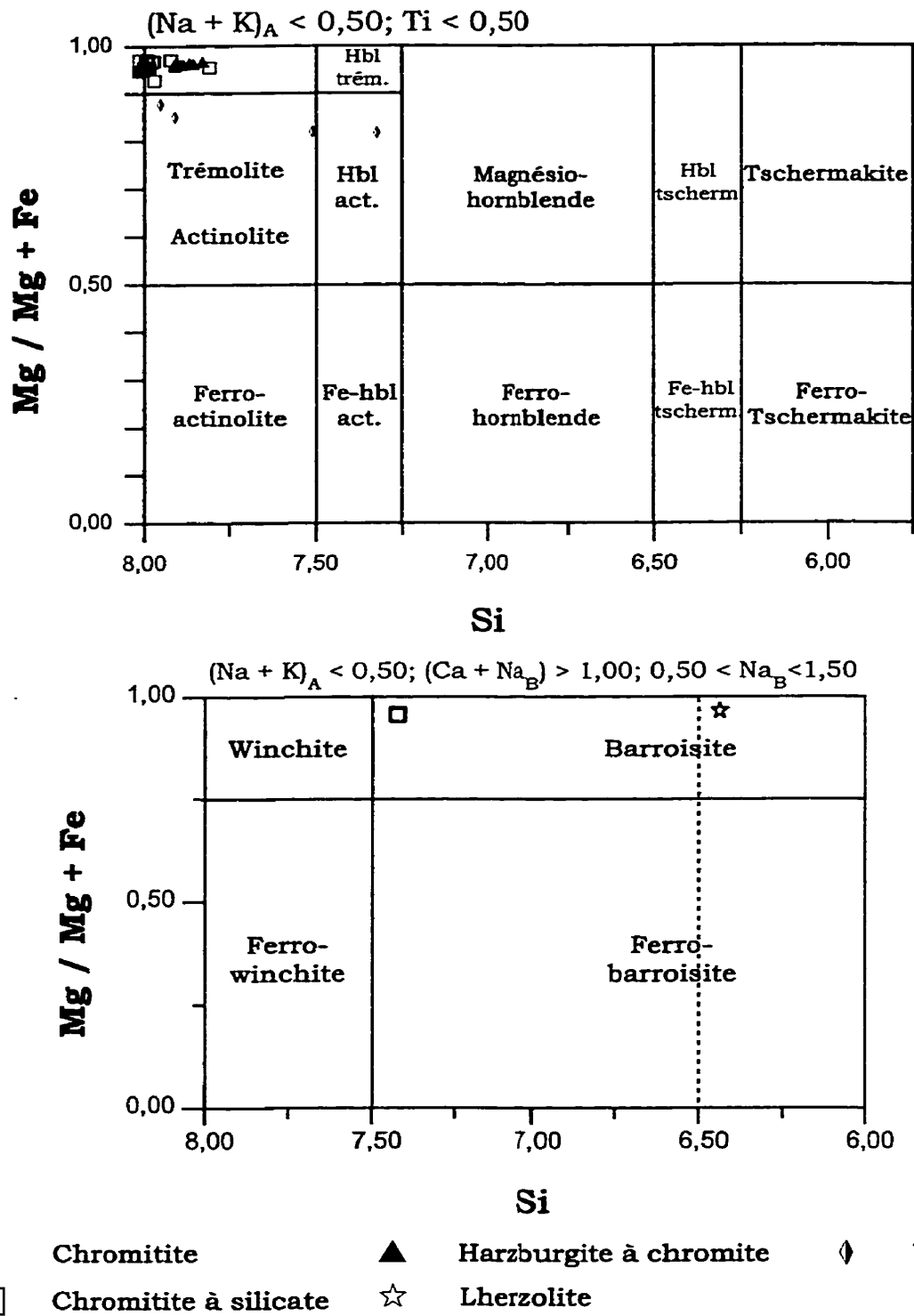


Figure 6.21 Classification des amphiboles de la Zone Ultramafique du Complexe de Menarik d'après la nomenclature de Leake (1978).

Tableau 6.6 Composition moyenne de l'amphibole pour les différentes unités du CDM

Unité	Chr		Chr Sil		Harzb à chro		Lherz	Webst		
	x	s	x	s	x	s	x	x	s	
SiO ₂ (%)	59,00	0,07	58,23	1,09	57,84	0,27	46,68	54,44	2,79	
TiO ₂	0,02	0,02	0,08	0,24	0,03	0,02	1,58	0,01	0,02	
Al ₂ O ₃	0,10	0,04	0,73	1,44	0,59	0,15	11,50	2,75	2,62	
FeO	2,10	0,15	1,63	0,56	1,64	0,13	1,38	6,76	1,17	
MnO	0,08	0,02	0,01	0,02	0,06	0,02	0,11	0,22	0,09	
MgO	23,33	0,26	23,80	0,53	23,93	0,26	28,05	20,20	0,94	
CaO	13,45	0,08	12,75	2,67	13,23	0,08	0,46	11,48	1,46	
Na ₂ O	0,12	0,04	0,35	0,88	0,17	0,03	5,06	0,94	0,88	
K ₂ O	0,02	0,00	0,02	0,03	0,05	0,02	0,09	0,04	0,03	
ZnO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	n.a.	n.a.	
Cr ₂ O ₃	0,09	0,03	0,27	0,78	0,36	0,20	1,92	0,01	0,01	
NiO	0,14	0,07	0,09	0,06	0,05	0,04	0,12	0,05	0,02	
H ₂ O	2,21	0,00	2,19	0,03	2,19	0,02	2,06	2,12	0,03	
F	0,00	0,00	0,07	0,08	0,02	0,04	0,24	n.a.	n.a.	
Cl (%)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	n.a.	n.a.	
Total	100,66		100,20		100,19		99,27	99,01		
Si	8,00		7,92		7,88		6,43	7,68		
Ti	0,00		0,01		0,00		0,16	0,00		
Al	0,02		0,12		0,09		1,87	0,46		
Fe	0,24		0,19		0,19		0,16	0,80		
Mn	0,01		0,00		0,01		0,01	0,03		
Mg	4,72		4,82		4,86		5,76	4,25		
Ca	1,95		1,86		1,93		0,07	1,73		
Na	0,03		0,09		0,05		1,35	0,26		
K	0,00		0,00		0,01		0,02	0,01		
Zn	0,00		0,00		0,00		0,00	n.a.		
Cr	0,01		0,03		0,04		0,21	0,00		
Ni	0,02		0,01		0,01		0,01	0,01		
F	0,00		-0,03		-0,01		-0,10	n.a.		
Cl	0,00		0,00		0,00		0,00	n.a.		
Total	15,00		15,04		15,06		15,95	15,22		
Al IV	0,00	0,00	0,08	0,16	0,12	0,03	1,57	0,32	0,30	
Al VI	0,01	0,01	0,04	0,07	0,00	0,00	0,30	0,14	0,14	
(Ca+Na) _B	1,99	0,01	1,94	0,16	1,98	0,01	1,42	1,95	0,05	
Na _B	0,03	0,01	0,08	0,23	0,04	0,01	1,35	0,22	0,20	
(Na+K) _A	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,05	0,06	
Mg [#]	0,95	0,00	0,96	0,01	0,96	0,00	0,97	0,84	0,03	
n	4		12		8		1		4	

Formules structurales calculées sur 23 oxygènes n = nombre d'analyses s = écart-type
Mg # = Mg / (Mg + Fe²⁺) x = moyenne

6.2.4 Carbonate

La composition des carbonates projetés dans un diagramme ternaire Ca-Fe-Mg indique la présence de trois types de carbonates (magnésite, dolomite, calcite) (Figure 6.22 et Tableau 6.7). Dans le Menarik, on retrouve ces minéraux sous la forme de veinules ou remplacement des minéraux cumulats et interstitiels. La composition des différents carbonates est dépendante de la position dans laquelle on les retrouve (veinules/* cumulats */interstitiels). La dolomite, la calcite et la magnésite sont tous présentes dans les veinules de carbonates. Cependant, seule la dolomite est observée en remplacement des cumulats. Ceci s'explique par la composition des cumulats qui sont toujours de l'olivine ou de l'orthopyroxène, des silicates riches en fer et magnésium. Les carbonates interstitiels sont la calcite et la dolomite. Les minéraux primaires interstitiels observés sont généralement le clinopyroxène et l'orthopyroxène d'où la présence de ce type de carbonates. La précipitation de la calcite permet l'incorporation du calcium libéré lors du remplacement du clinopyroxène par la chlorite d'autant plus que la serpentine est instable à de forte activité de CO₂.

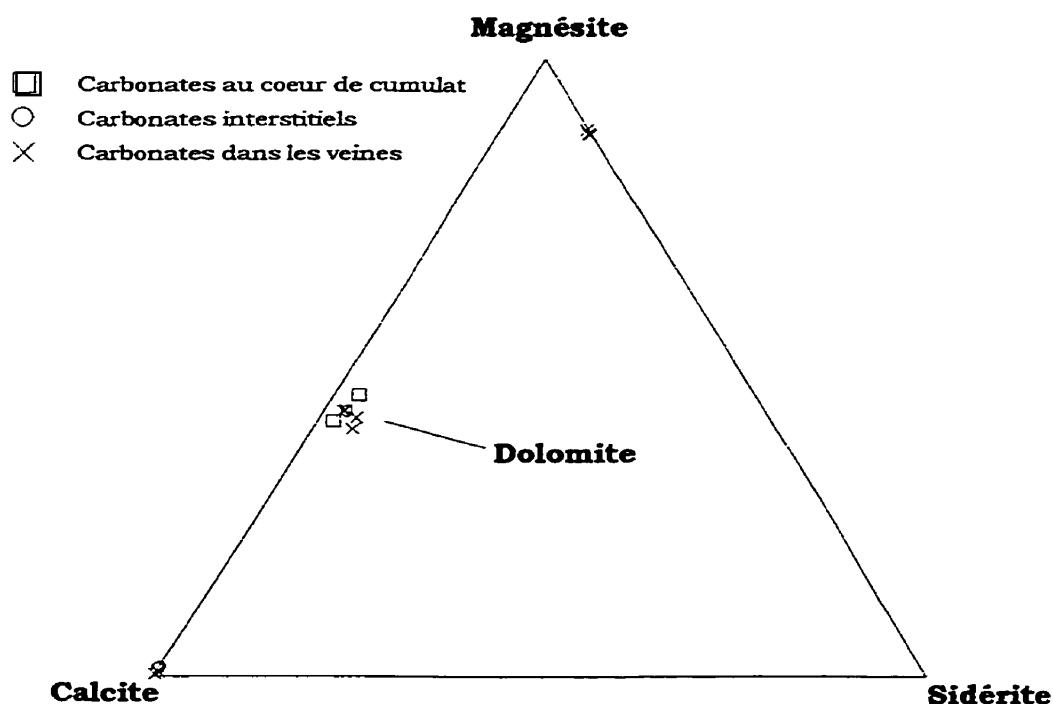


Figure 6.22 Composition des carbonates projetés dans un diagramme ternaire Ca-Fe-Mg. Ce diagramme indique trois types de carbonates (la magnésite, la dolomite et la calcite).

Tableau 6.7 Composition moyenne des carbonates du Menarik

	Dolomite		Calcite		Magnésite	
	x	s	x	s	x	s
Mg(CO3)	42,04	1,986	0,99	0,51	87,91	0,63
Ca(CO3)	52,82	1,689	99,76	1,10	0,29	0,03
Mn(CO3)	0,61	0,367	0,11	0,06	0,63	0,84
Fe(CO3)	3,28	1,069	0,16	0,11	10,99	0,77
Sr(CO3)	0,09	0,054	0,10	0,06	0,02	0,00
Total	98,82		101,12		99,84	
Mg(CO3)	0,94		0,02		1,82	
Ca(CO3)	0,99		1,97		0,01	
Mn(CO3)	0,01		0,00		0,01	
Fe(CO3)	0,05		0,00		0,17	
Sr(CO3)	0,00		0,00		0,00	
Total	2,00		2,00		2,00	
N		7		4		3

6.3 Géothermobarométrie

Compte tenu de la nature des minéraux primaires et métamorphiques contenus dans les roches du Complexe de Menarik, seulement quelques approximations géothermobarométriques peuvent être effectuées à partir de la composition du clinopyroxène, de la chromite et de la chlorite.

6.3.1 Pyroxène

Les pétrologues s'entendent pour reconnaître le potentiel de la coexistence de deux types de pyroxène (Cpx : contenu élevé en calcium et Opx : faible contenu en calcium) permettant d'obtenir des renseignements sur les conditions thermométriques dans une grande variété de roches (Lindsley, 1983). Il en découle que la température calculée sera une température minimale d'équilibre.

Le géothermomètre de Lindsley (1983) calibré pour une pression de 5 kbar a été utilisé. Aucune phase minéralogique ne nous permet de définir une pression, de sorte qu'on doit utiliser des considérations géologiques régionales. Les travaux effectués dans la région du lac Menarik suggèrent que les roches sédimentaires et volcaniques du Groupe de Yasinski se sont mises en place dans un environnement

de rift continental immature ce qui implique la mise en place du Menarik à faible profondeur (Goutier et al., 1998b, 2000 ; Laflèche et al., 2000). La composition des pyroxènes est projetée sur l'abaque de Lindsley (1983) (Figure 6.23). Les températures estimées pour les diopsides varient ~500 à 700°C, ce qui suggèrent des températures de rééquilibration métamorphique. L'enrichissement en calcium du Cpx souligne également une rééquilibration sub-solidus ou une altération par des processus métamorphiques (Lindsley, 1983 ; Jaques, 1981). La température estimée pour l'augite est ~1200°C suggérant une température magmatique.

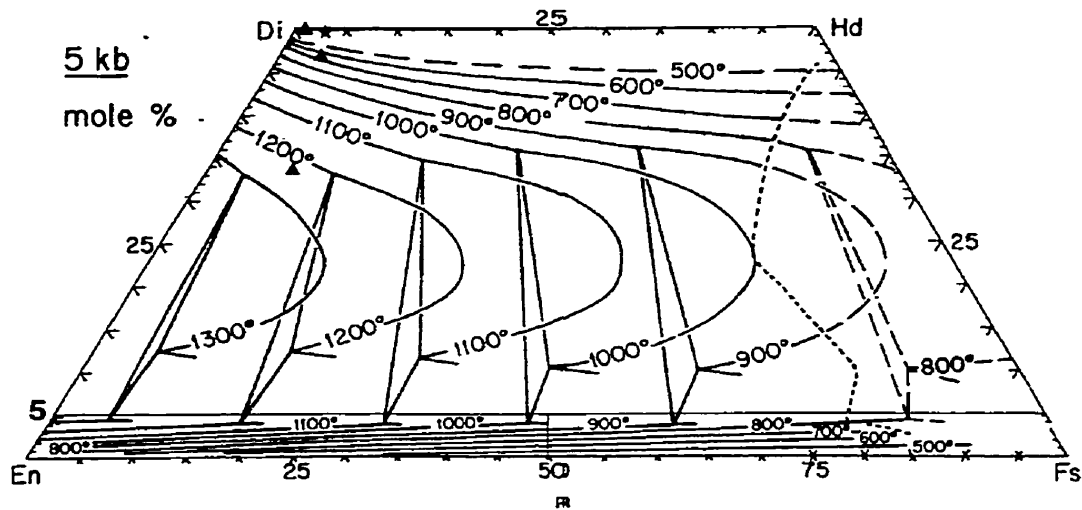


Figure 6.23 Thermométrie des pyroxènes à 5 kilobars selon Lindsley (1983)

6.3.2 Chromite

Sous des conditions de métamorphisme de faible intensité, la chromite peut être utilisée comme indicateur de l'environnement de cristallisation (Barnes, 1998). Cependant, la chromite est susceptible de subir des modifications durant l'hydratation précoce et pendant le métamorphisme prograde de la roche encaissante. La coexistence de la chromite avec la magnétite peut être considérée comme un bon indicateur de la température du pic métamorphique (Barnes, 2000). En effet, le développement de cœurs de chromite enrichis en Fe^{3+} est causé par la diminution de la zone d'immiscibilité entre la chromite et la magnétite, en équilibre avec olivine, avec l'augmentation de la température (Sack et Ghiorso, 1991). La figure 6.24 montre les champs de stabilité de la chromite et de la magnétite en équilibre avec l'olivine Fo_{80} et Fo_{90} . Ces diagrammes de phases vont être employés étant donné que la composition de l'olivine du CDM semble correspondre à des valeurs de (Fo_{81}) pour cette étude et entre (Fo_{84} et Fo_{90}) d'après Rivard (1984). Les données provenant de deux traverses de grains de chromite analysées à la microsonde électronique sont comparées avec les isothermes modélisés dans les diagrammes ternaire Fe^{3+} -Cr-Al. Pour le CDM, la zone d'immiscibilité correspond, d'après le modèle de Sack et Ghiorso (1991), à des températures avoisinantes les 500 et 550°C (quelques points tombent à l'extérieur de ces isothermes, ceux-ci correspondent à des bordures intermédiaires) (Figure 6.25). L'intervalle de températures d'équilibration des spinelles dans les roches du CDM est similaire aux températures suggérées par des assemblages métamorphiques observés.

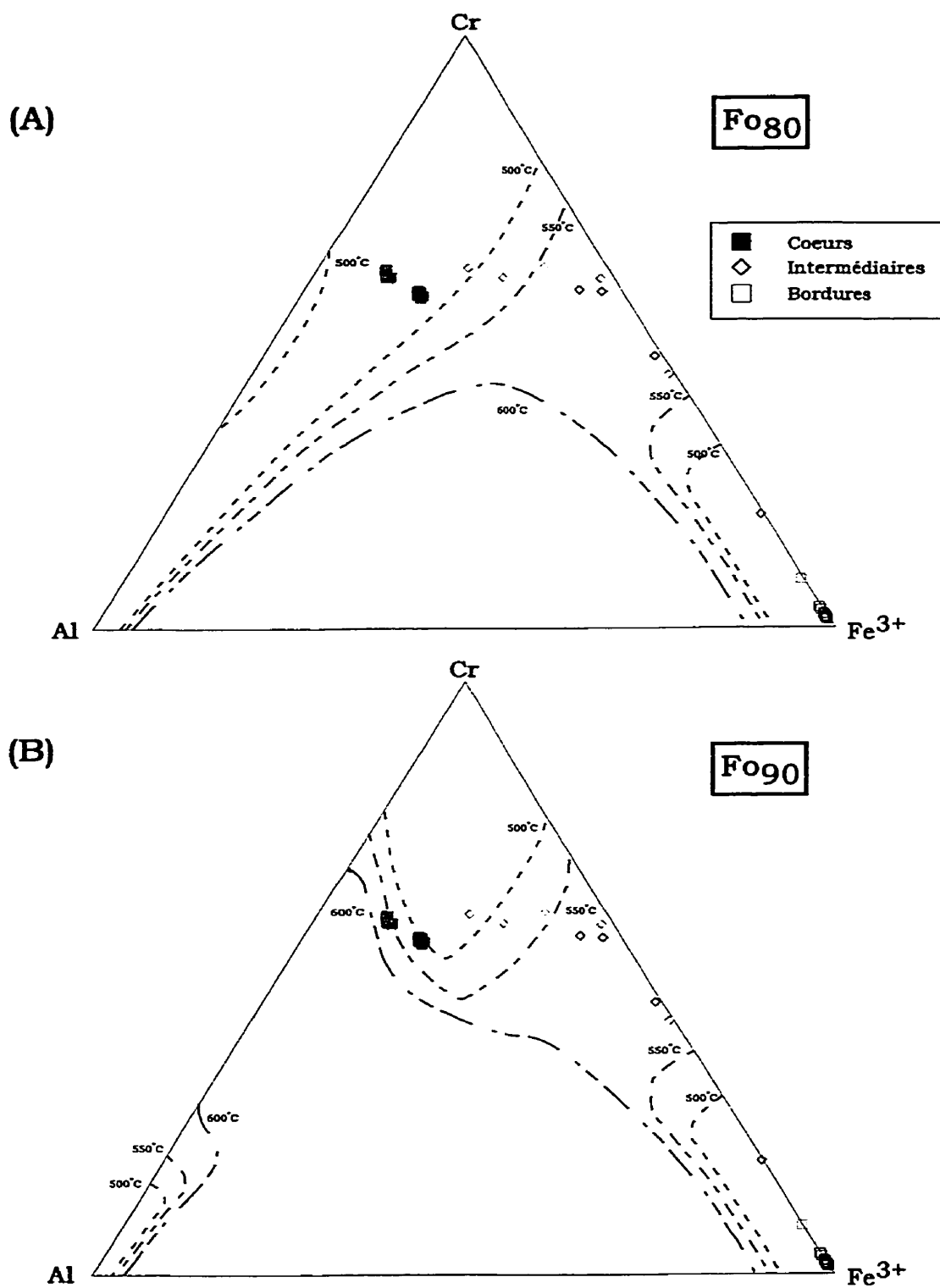


Figure 6.24 Limites de stabilité, d'après Sack et Ghiorso (1991), pour la chromite et la magnétite du Complexe de Menarik obtenues à partir de traverse de grain à la microsonde électronique. (A) Calculé en équilibre avec une composition d'olivine Fo₈₀. (B) Calculé en équilibre avec une composition d'olivine Fo₉₀.

6.3.3 Chlorite

La chlorite est un des silicates les plus communs dans plusieurs environnements géodynamiques où les conditions thermobarométriques sont faibles à modérées (Cathelineau et Nieva, 1985). En projetant les valeurs de Al^{IV} des chlorites analysées dans les différents faciès du CDM (Figure 6.25) sur l'abaque de Cathelineau et al. (1985) calibré pour des roches volcaniques intermédiaires (andésites), il a été possible d'estimer la température de formation des différentes chlorites. Il est de plus possible de distinguer deux groupes de températures. Le groupe I, où les chlorites appartiennent toutes à des roches provenant de la ZU, montre des températures variant de 150°C à 260°C comparativement à des températures entre 220°C à 275°C pour les chlorites qui ne proviennent pas de la ZU (chlorites des filonnets de sulfures et de dykes pyroxénitiques qui recoupent la ZU). Il est à noter que certaines températures obtenues sont inférieures à 150°C (entre 90°C et 120°C), mais ces chlorites sont certainement un mélange de chlorite et de serpentine.

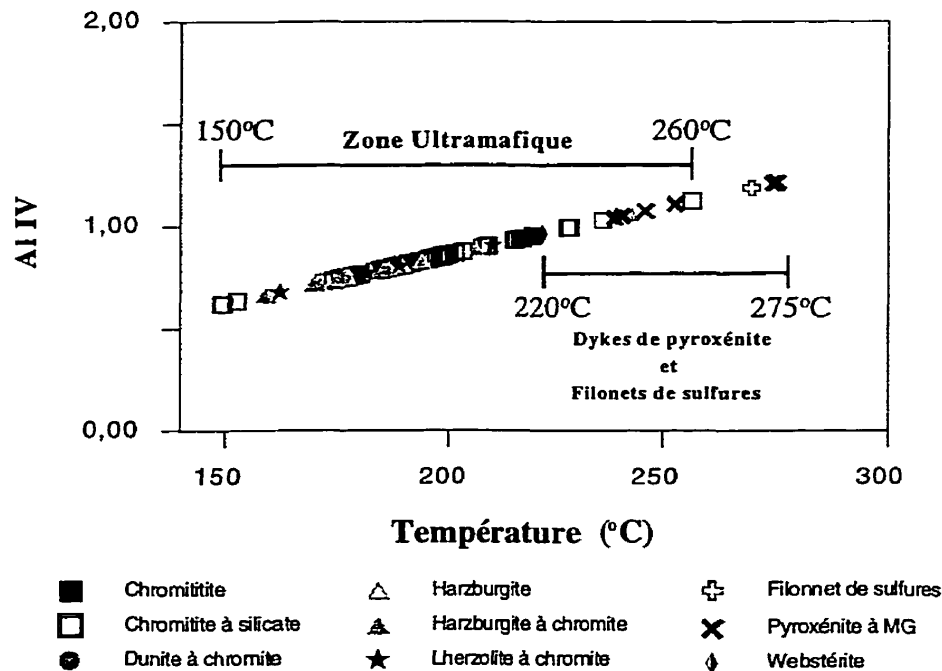


Figure 6.25 Thermométrie des chlorites qui utilise la variation Al^{IV} dans les chlorites d'après Cathelineau et Nieva (1985).

6.4 Sulfures

Les roches du Complexe de Menarik contiennent de la chalcopyrite (Tableau 6.8), de la pyrite (Tableau 6.8), de la pyrrhotite, de la pentlandite (Tableau 6.9), de la millérite (Tableau 6.9), de la cobaltite (Tableau 6.10), de la gersdorffite (Tableau 6.10), et des arséniures.

Tableau 6.8 Composition moyenne des sulfures de fer et de cuivre en %.

Minéral Formule	Chalcopyrite CuFeS ₂				Pyrite FeS ₂	
	Filonets de sulfures		Chromitite		Filonets de sulfures	
Lithologie	X	S	X	S	X	S
S	34,81	0,12	34,98	0,06	53,47	0,25
Fe	30,42	0,16	30,47	0,12	44,71	0,87
Ni	0,04	0,04	0,04	0,03	0,26	0,27
Cu	33,64	0,27	34,25	0,18	0,06	0,06
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	0,84
As	0,03	0,01	0,03	0,01	0,09	0,15
Total	98,94	-	99,77	-	99,94	-
n	10		6		10	

n : Nombre d'analyses

Tableau 6.9 Composition moyenne des sulfures de nickel en %.

Minéral Formule	Millérite NiS				Pentlandite (Ni, Fe) ₉ S ₈	
	Filonets de sulfures		Chromitite		Filonets de sulfures	
Lithologie	X	S	X	S	X	S
S	35,39	0,20	35,51	0,45	33,26	0,08
Fe	1,34	0,09	0,76	0,45	27,24	2,70
Ni	61,90	0,27	63,06	0,98	38,91	2,48
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07
Co	0,52	0,04	0,56	0,09	0,24	0,31
As	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
Total	99,17	-	99,90	-	99,73	-
n	5		6		10	

n : Nombre d'analyses

Tableau 6.10 Composition moyenne des sulfoarséniures et arséniures en %.

Minéral	Cobaltite-Gersdorffite				Nickeline	
	CoAsS	[(Co, Ni, Fe) AsS]		NiAsS	NiAs	
Lithologie	Chromitite		Chromitite		Chromitite	
	x	s	x	s	x	s
S	20,06	0,10	19,97	0,55	0,30	0,08
Fe	3,41	0,71	3,49	1,00	0,73	0,23
Ni	8,17	0,98	14,45	1,18	43,33	0,32
Cu	0,01	0,02	0,04	0,07	0,00	0,00
Co	23,16	1,74	18,09	1,51	0,01	0,02
As	44,71	0,21	44,91	0,89	55,09	0,23
Total	99,52	-	100,95	-	99,46	-
n	12		12		10	

n : Nombre d'analyses

La figure 6.27A montre un exemple de sulfures de nickel observé dans le CDM. Le grain de pentlandite est zoné où le cœur est plus riche en nickel que la bordure du grain. L'ilménite et le rutile enrobent le grain de sulfure de nickel.

La composition des sulfures est similaire peu importe si les sulfures sont associés aux filonnets de sulfures ou aux chromitites. Il semble toutefois ressortir que le contenu en cuivre de la chalcopyrite et le contenu en nickel de la millérite sont légèrement enrichis dans les roches riches en chromites par rapport aux roches hydrothermales (filonnets).

6.5 Éléments du groupe du platine

Les éléments du groupe du platine peuvent se retrouver sous la forme de minéraux du groupe du platine (MGP) ou sous la forme d'une solution solide dans des minéraux comme les sulfures, les arséniures et les tellures. Il existe 96 espèces de MGP approuvées et plus de 500 phases d'éléments du groupe du platine non-identifiées. On doit ajouter aux MGP, plus de 20 des minéraux autres que les MGP qui contiennent en concentration variable un à plusieurs éléments du groupe du platine (Daltry et Wilson, 1997).

6.5.1 Minéraux du groupe du platine (MGP)

Les minéraux du groupe du platine peuvent être divisés en deux groupes : les espèces minérales nommées comme étant des minéraux du groupe du platine (MGP) lesquels sont approuvés par le International Mineralogical Association et les espèces non-identifiées de MGP dont la caractérisation est incomplète.

Dans les minéraux du groupe du platine, les ÉGP s'associent au fer, au cuivre et au nickel pour former des alliages ou encore des oxydes. Les alliages peuvent être simples (isoferroplatine Pt_3Fe ; tétraferroplatine $PtFe$; alliage Cu-Pt) ou très complexes comme des alliages de Cu-Ni-Fe-Pt-Pd, Pt-Pd-Cu-Fe et Ni-Cu-Fe-Ir. En général, les alliages d'ÉGP incorporent préférentiellement le palladium et le platine plutôt que les autres platinoïdes. Parmi les oxydes, le minéral le plus intéressant pour la concentration des ÉGP est certainement la chromite. Le rôle de la chromite comme concentrateur de ÉGP dépend de la fugacité en soufre dans le magma à partir duquel ils cristallisent (Crocket et al., 1976). Dans certains cas où le magma est pauvre en soufre, le spinelle chromifère peut incorporer certains ÉGP dont le Ru, l'Os et l'Ir. Cependant, lorsque le magma atteint la saturation en soufre, le coefficient de partage très élevé des ÉGP dans la phase sulfurée devient un facteur prédominant qui contrôle la distribution des platinoïdes (Amossé et al., 1987, 1990, 1992 ; Ohnenstetter et al., 1992 ; Leblanc 1992). Le partage préférentiel de Pt et Pd dans les sulfures comparativement aux spinelles implique que le spinelle est un collecteur dominant seulement dans des magmas pauvres en sulfures (Crocket et al., 1976). De plus, le rôle de la chromite comme collecteur des ÉGP n'est pas très bien expliqué. Certains auteurs proposent que les platinoïdes peuvent se substituer dans la structure cristalline de la chromite (Naldrett et al., 1976) ou de petites particules de platinoïdes (laurite ou alliage métallique) pourraient servir de nucléus pour la formation de la chromite (Stockman et al., 1984). Certains MGP montrent des ressemblances minéralogiques avec plusieurs autres minéraux au niveau de leur structure cristalline et de leur chimie minérale. D'autres forment des solutions solides en remplaçant certains platinoïdes. Par ailleurs, Daltry et al. (1997) suggèrent le regroupement suivant pour les MGP ayant des affinités avec les autres minéraux (Tableau 6.11).

Tableau 6.11 Principaux minéraux du groupe du platine

- Groupe de l'arsénopyrite :	Osariste [(Os,Ru,...)AsS], ruarsite [(Ru,Os,Ir)AsS]
- Groupe de la nickeline :	Niggliite [(Pt,Pd)(Sn,Sb,Bi,Te)], sobolevskite [(PdBi)], stumpflite [Pt(Sb,Bi)], sudburyite [(Pd,Ni)(Sb,Te,Bi)]
- Groupe de la pyrite :	Erlichmanite [(Os,Rh,...)(S,As) ₂], geversite [Pt(Sb,As,Bi) ₂], insizwaite [(Pt,Pd,Ni)(Bi,Te,Sb,Sn) ₂], laurite [(Ru,Os,Ir)S ₂], maslovite [(Pt,Pd)(Bi,Te,Sb) ₂], michenerite [(Pd,Pt)(Bi,Se)Te], sperrylite [(Pt,Rh)(As,Sb,S) ₂], testibiopalladite [Pd(Sb,Bi)Te]
- Groupe de la melonite :	Merenskyite [(Pd,Pt,Ni)(Te,Bi) ₂], moncheite [(Pt,Pd)(Te,Bi) ₂]
- Groupe de la cobaltite :	Hollingworthite [(Rh,Ru,Pt,Ir)AsS], platarsite [(Pt,Rh,...)AsS], irarsite [(Ir,Rh,Pt,Ru,Pd)AsS], tolovkite [(Ir,Pt,Os)AsS]

Gras : formule idéale

Standard : formule générale

Le tableau 6.12 montre la composition, le type de MGP, la fréquence ainsi que leurs associations avec la roche encaissante du Complexe de Menarik.

Tableau 6.12 Composition des MGP retrouvés dans le Complexe de Menarik.

Composition	Minéral	Association			Nb
		Chro	Sf	Mat	
(Ru _{0,88} Os _{0,12}) S _{2,03}	Laurite, (Ru, Os) S ₂	X			3
Pt _{1,04} As _{1,96}	Sperrylite, PtAs ₂			X	2
(Pd _{0,92} Ni _{0,17}) Sb _{0,90}	Sudburyite, (Pd, Ni) Sb		X	X	3
Pd _{1,11} (Sb _{0,60} Bi _{0,17} S _{0,13})	Sudburyite (?), Pd (Sb, Bi, S)			X	1
Pd _{0,82-0,99} (Sb _{0,58-0,73} Te _{0,2-0,44} Bi _{0,12-0,16})	Sudburyite, Pd (Sb, Te, Bi)		X	X	3
Pd _{0,94-0,99} (Bi _{0,7-0,77} Sb _{0,21-0,28}) Te _{1,03-1,08}	Testibiopalladite, Pd (Bi, Sb)Te		X	X	2
(Pt _{0,88} Pd _{0,21}) As _{2,91} (?)	Pt As ₃ (?)			X	1
(Pt _{1,43} Pd _{0,24}) As _{3,34} S _{0,99} (?)	(Pt, Pd) ₂ As ₃ S (?)			X	1
Pd _{1,95} (Fe _{1,04} Ni _{0,06}) (Sb _{0,82} S _{0,13}) (?)	Pd ₂ (Ni, Fe) (Sb, S) (?)			X	2
Total des MGP					18

Nb : nombre de MGP observés

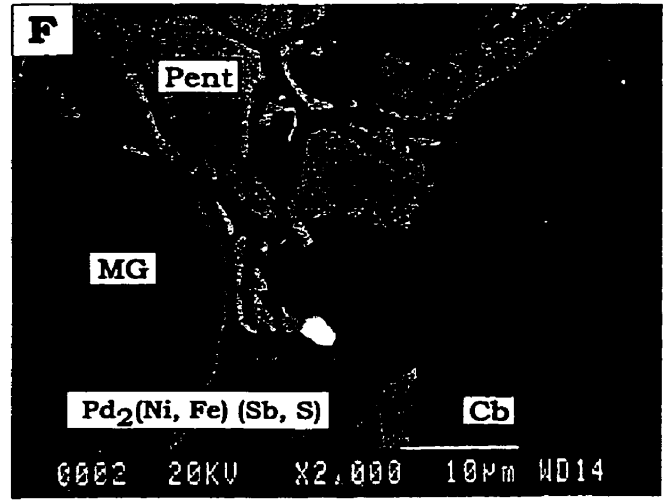
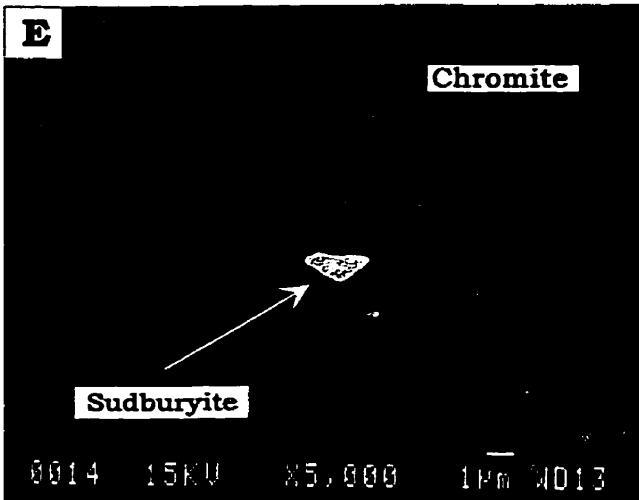
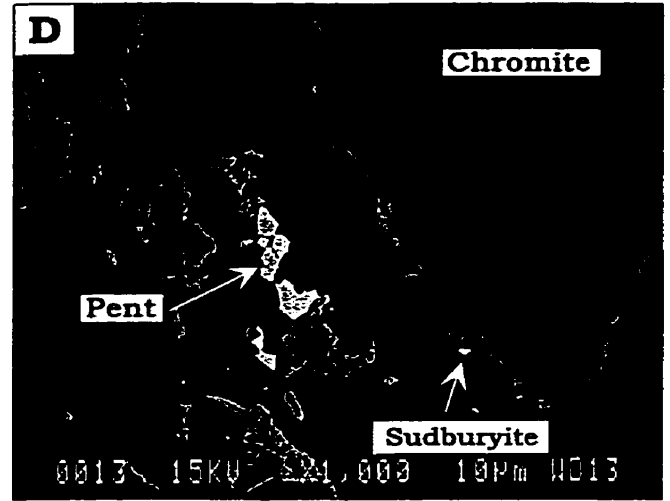
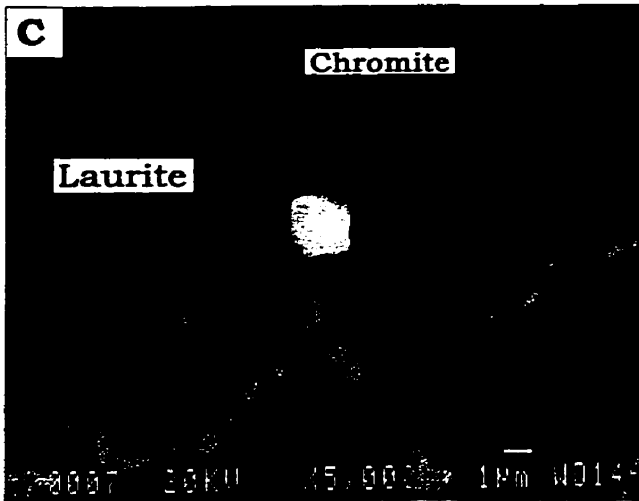
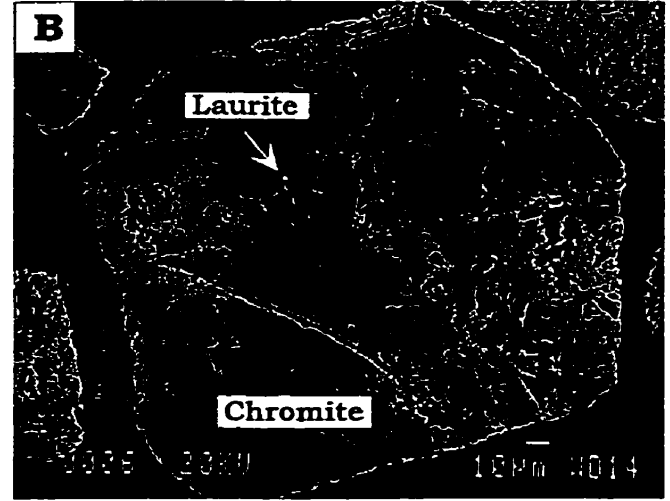
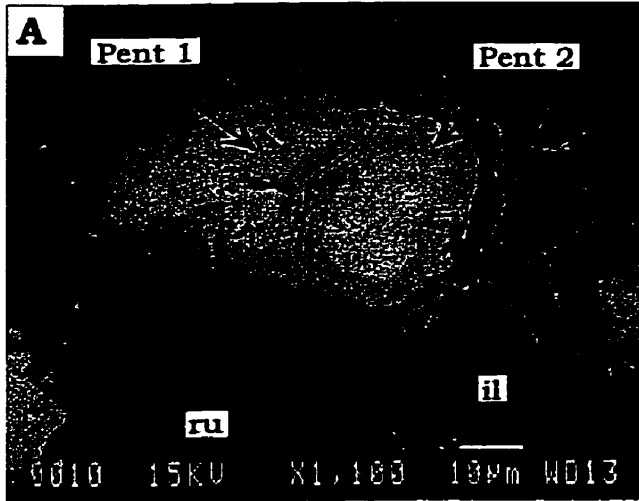
Chro : inclusion dans la chromite

Sf : inclusion dans les sulfures

Mat : en association avec la matrice silicatée

Dans les roches UM du CDM, les MGP sont observés en association avec la chromite, avec la gangue silicatée (serpentine, chlorite et carbonates) et avec des sulfures. Il existe deux types de minéraux du groupe du platine en association avec la chromite. Le premier consiste en des inclusions de MGP dans la chromite (Figures 6.27B-C). La laurite (2-3 μm) est le seul minéral de MGP observé en inclusion cubique dans le spinelle. Le deuxième groupe est observé dans les roches riches en chromite où les MGP, principalement la sudburyite (3-4 μm) sont associés à la serpentine et la chlorite (Figures 6.27D-E). Dans les chromitites, à proximité des minéraux platinifères, on note toujours la présence de sulfures de nickel (pentlandite et millérite). L'association avec la gangue silicatée est également observée dans les filonets de sulfures. La figure 6.27F montre un grain de $\text{Pd}_2(\text{Ni,Fe})(\text{Sb,S})$, un MGP non-identifié, associé avec des carbonates, des grains de pentlandite et de la magnétite zonés dans les filonets de sulfures. Les phases riches en palladium sont les plus abondantes bien que les phases riches en platine ont aussi été identifiées (4 à 5 μm). La figure 6.27G présente la sperrylite, un des minéraux riches en platine identifié qui est associé à la serpentine d'une chromitite à silicate. La figure 6.27H illustre deux MGP, une phase riche en platine par rapport au palladium tandis que l'autre phase contient uniquement du palladium. Les MGP forment des inclusions en association avec les sulfures de nickel dans les filonets de sulfures ou les chromitites. Les grains MGP se présentent sous forme de petites gouttelettes ($\sim 1\mu\text{m}$) (Figure 6.27I) ou encore sous forme de cristaux hypidiomorphes (Figure 6.27J) de quelques micromètres dans la millérite.

Les minéraux du groupe du platine observés sont généralement de très petites dimensions qui n'excèdent pas 10 μm (en moyenne 3 à 5 μm). Dans le CDM, le palladium prédomine sur le platine qui forme généralement des assemblages de Sb-Te-Bi-As. Ces MGP sont observés aussi bien dans de la ZU (chromitite, chromitite à silicate) que dans les filonets de sulfures. Par contre, les MGP associés avec des IPGE (Ir, Os, Rh) sont confinés aux roches chromifères.



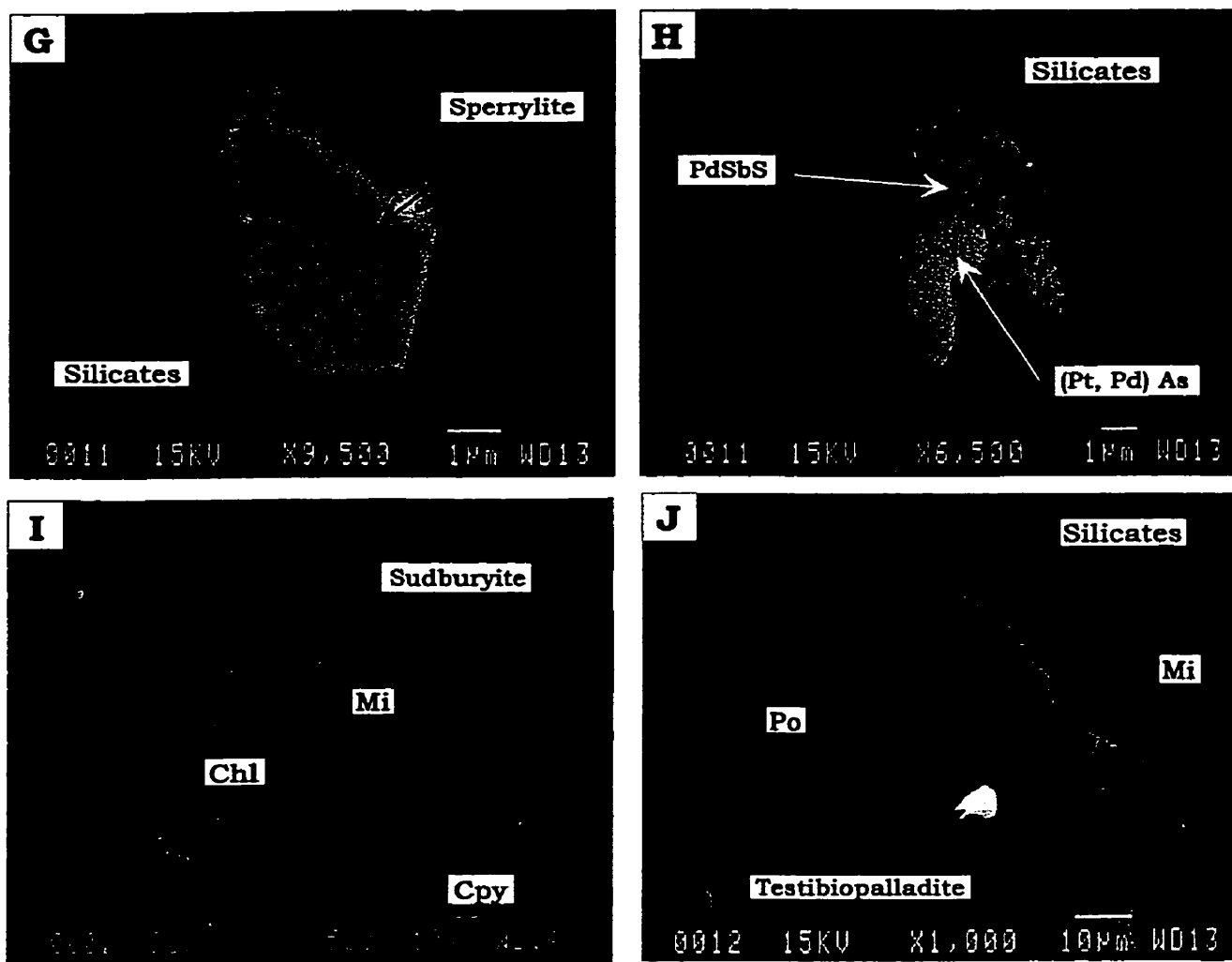


Figure 6.26 Images au MEB (électrons rétrodiffusés) de sulfures et de minéraux du groupe du platine du Complexe de Menarik. (A) Grain de pentlandite zoné où le coeur (pent 1) est plus riche en nickel que la bordure (pent 2). L'ilménite (il) et le rutile (ru) enrobent le grain de sulfure de nickel. (B) Grain de laurite ((Ru, Os) S₂) en inclusion dans une chromite zonée. (C) Agrandissement de (B). (D) Sudburyite (PdSb) associé à la gangue silicatée dans une chromite à silicate à proximité de la pentlandite. (E) Agrandissement de (D). (F) MGP inconnu (Pd₂(Ni, Fe) (Sb, S)) associé à des carbonates zonés (Cb), à de la pentlandite (Pent) et de la magnétite (MG) dans les filonnets de sulfures. (G) Sperrylite (PtAs₂) associé à la gangue silicatée. (H) MGP associé à la gangue silicatée contenant deux phases d'ÉGP, une phase riche en platine ((Pt, Pd) As) et une phase riche en palladium (PdSbS). (I) Sudburyite ((Pd,Ni)Sb) en inclusion dans la millérite (Mi) associée à la chalcoppyrite (Cpy) et à la chlorite (Chl). (J) Inclusion de testibiopalladinite (Pd(Bi, Sb)Te) et de (Po) pyrrhotite dans la millérite (Mi). Celle-ci est associée à la serpentine et la chlorite (silicates).

6.5.2 Présence d'ÉGP dans les autres minéraux

Les ÉGP peuvent se substituer dans des sulfures, des arséniures, des sufoarséniures, des antimoniures, sulfoantimoniures, des tellures et des séléniures (Tableau 6.13). Les minéraux nickélifères sont les plus souvent l'hôte d'un remplacement par des ÉGP.

Tableau 6.13 Minéraux ou éléments dans lesquels les platinoïdes peuvent s'incorporer dans leurs structures cristallines (modifié de Daltry et Wilson, 1997).

- Éléments
Or (Au), cuivre (Cu), rhénium (Re)
- Sulfures
Bornite (Cu_5FeS_4), chalcopyrite (CuFeS_2), cubanite (CuFe_2S_3), pentlandite ($[\text{Fe},\text{Ni}]_9\text{S}_8$), pyrite (FeS_2), pyrrhotite (Fe_{1-x}S)
- Arséniures/sulfoarséniures
Cobaltite (CoAsS), gersdorffite (NiAsS), maucherite ($\text{Ni}_{11}\text{As}_8$), nickeline (NiAs), rammelsbergite (NiAs_2)
- Antimoniures/sulfoantimoniures
Breithauptite (NiSb), ullmanite (NiSbS)
- Tellures
Altaite (PbTe), hessite (Ag_2Te), melonite (NiTe_2)
- Séléniures
Trogtalite (CoSe_2), teimannite (HgSe)

Les concentrations en platinoïdes dans les phases métalliques du Complexe de Menarik ne sont pas très importantes. Il en ressort tout de même que les minéraux les plus propices pour incorporer les éléments du groupe du platine sont certainement les sulfoarséniures de Co-Ni pour le palladium et les arséniures de nickel pour le platine (Tableau 6.14).

Tableau 6.14 Concentration maximale (ppm) en éléments du groupe du platine dans les sulfures du Complexe de Menarik et autres complexes (dans les non-MGP).

Minéral	LDM (ppm)	Pd (ppm)	Référence
Iridium			
Pyrite-Pyrrhotite	114	190	Ce travail (CDM)
Chalcopyrite	70	220	Ce travail (CDM)
Millérite	133	190	Ce travail (CDM)
Osmium			
Pyrite-Pyrrhotite	77	150	Ce travail (CDM)
Chalcopyrite	91	100	Ce travail (CDM)
Millérite	95	180	Ce travail (CDM)
Palladium			
Pyrite-Pyrrhotite	125	460	Ce travail (CDM)
	-	6100	Stone et Fleet (1990)
Cobaltite-Gersdorffite ⁽¹⁾	217	5880	Ce travail (CDM)
	-	5000	Cabri et Laflamme (1976)
Cobaltite-Gersdorffite ⁽²⁾	217	1400	Ce travail (CDM)
	-	1600	Cabri et Laflamme (1976)
Platine			
Pyrite-Pyrrhotite	108	160	Ce travail (CDM)
	-	5200	Stone et Fleet (1990)
Chalcopyrite	136	140	Ce travail (CDM)
Nickeline	105	290	Ce travail (CDM)
	-	5100	Watkinson et Ohnenstetter (1992)
Rhodium			
Pyrite-Pyrrhotite	34	260	Ce travail (CDM)
Chalcopyrite	43	320	Ce travail (CDM)
Millérite	53	56	Ce travail (CDM)

200 : teneur significative > 2 x LDM

⁽¹⁾ **Cobaltite-Gersdorffite**, pôle enrichi en cobalt

⁽²⁾ **Cobaltite-Gersdorffite**, pôle enrichi en nickel

Dans les sulfures de Ni et de Fe-Cu, les concentrations en ÉGP sont très faibles. Aucune teneur n'a pu être détectée dans les sulfures des filonets S-1 et S-22. Cependant, des teneurs jusqu'à 460 ppm ont été mesurées dans ces sulfures lorsqu'ils forment des inclusions dans la chromite. La présence d'inclusions de sulfures n'indique pas nécessairement que les chromites sont porteuses d'inclusions sulfurées platinifères. Par contre, la morphologie de la chromite peut être un bon indicateur de la présence de ÉGP. Par exemple, les phases sulfurées contenues dans la chromite ne présentent aucune concentration anormale en platinoïde lorsque celle-ci est spongieuse ou présente de nombreuses fractures ou d'inclusions silicatées permettant la circulation de fluide tandis que les chromites les moins affectées par l'altération et le métamorphisme montrent localement des teneurs en ÉGP dans les sulfures piégés dans le spinelle.

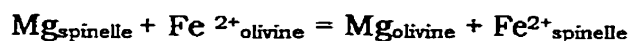
6.6 Synthèse

Le Complexe de Menarik est une intrusion mafique et ultramafique où le clinopyroxène et la chromite sont les seuls minéraux magmatiques préservés. D'après la paragenèse serpentine-chlorite-trémolite-ferritchromite, la minéralogie secondaire de l'intrusion est le reflet d'un métamorphisme au faciès des schistes verts supérieurs. Cette paragenèse est également compatible avec les données géothermométriques qui suggèrent un pic métamorphique entre 500-550°C.

Cet équilibre est dépendant de la température. La décroissance de la température entraîne un enrichissement en Mg de l'olivine et un enrichissement en Fe du spinelle (Irvine, 1965 ; Jackson, 1966 ; Roeder et al., 1979). La seconde conséquence est la transformation de la chromite en ferritchromite résultant du remplacement de l'Al par le fer ferrique dans le site trivalent inoccupé dû à la migration de Al vers les silicates. L'Al de la chromite est incorporé dans la serpentine formant ainsi des serpentines alumineuses et, par le fait même, favorisant le développement de la chlorite au pourtour de la chromite au détriment de la serpentine.

Bien que la chromite du Complexe de Menarik ait subi des modifications lors de l'altération et du métamorphisme, elle possède souvent des zones centrales qui

reflètent sa composition ignée originale. Une des principales conséquences majeures du processus d'altération est l'échange Mg-Fe²⁺ entre la chromite et l'olivine d'après la réaction suivante :



La composition des coeurs de la chromite est relativement homogène à travers toute l'intrusion du CDM. Elle se projette dans le champ de composition typique des intrusions litées et près de celui des komatiïtes (Cr# légèrement inférieur à celui des komatiïtes). Des variations cryptiques du Cr#, du Fe³⁺#, du Mg#, du Fe³⁺/Fe²⁺, du Cr/Fe, du Cr₂O₃ et également du TiO₂ sont observées sur quelques sections détaillées. Ces variations dans la composition de la chromite sont intimement liées à la présence d'horizons enrichis en chromite, soit les chromitites et les chromitites à silicate.

D'après les observations effectuées, les éléments du groupe du platine se retrouvent essentiellement dans les minéraux du groupe du platine (MGP) et dans les arséniures et sulfoarséniures. Le Complexe de Menarik contenait initialement des concentrations anormales en ÉGP d'origine magmatique suggéré par la présence d'inclusions de MGP et par la présence de teneurs anormales en platinoïdes de certaines phases sulfurées en inclusion dans la chromite. Une mobilisation des ÉGP à basse température est également suggérée par la présence d'assemblages de Sb-Te-Bi-As. Selon nos observations les sulfoarséniures sont les phases sulfurées les plus susceptibles d'incorporer des platinoïdes.

CHAPITRE VII – DISCUSSION

7.1 Pétrogenèse du Complexe de Menarik

7.1.1 Séquence de cristallisation des magmas dans le CDM

L'étude pétrographique et les caractéristiques géochimiques des roches mafiques et ultramafiques suggèrent deux séquences de cristallisation. La première séquence explique bien la différenciation des roches de la Zone Mafique [(Ol) + (Chro) + PG → Px → Oxydes Fe-Ti] tandis que la seconde explique bien la différenciation des roches de la Zone Ultramafique [Ol + Chro → Opx → Cpx]. Compte tenu de l'enrichissement en Fe des roches mafiques de l'intrusion, cette séquence suit une tendance de différenciation tholéïitique. À l'opposé, les teneurs élevées en MgO de la séquence ultramafique suggère une affinité komatiitique (Figure 5.6) ou du moins une affinité ultrabasique pour la séquence de cristallisation. Ceci est généralement dû au fait que les magmas komatiitiques ne sont pas saturés en SiO₂ ne permettant pas la cristallisation précoce de l'orthopyroxène. Cependant, l'assimilation d'un contaminant siliceux comme la tonalite peut entraîner la cristallisation précoce de l'orthopyroxène dans les magmas komatiitiques. En tenant compte de la composition de la chromite dans les roches ultramafiques du Menarik (Figure 7.1), qui est appauvrie en Cr# par rapport aux komatiïtes archéennes et enrichie par rapport aux MORB, nous ferons donc référence à une séquence ultrabasique plutôt que komatiitique. Cette progression d'une séquence ultrabasique à tholéïitique peut tout même suggérer que la ZM et la ZU appartiennent à une même suite intrusive.

Les travaux sur le Complexe de Stillwater ont montré que la séquence de cristallisation des minéraux silicatés change drastiquement en passant de la Série Ultramafique à la Série Rubanée (Todd et al., 1982; Irvine et al., 1983). Dans le Complexe du Stillwater, la séquence de cristallisation de la Série Ultramafique (olivine + chromite; bronzite; plagioclase; augite) est remplacée par une nouvelle séquence impliquant, dans un premier temps, le plagioclase, olivine + chromite, bronzite et l'augite dans la zone de troctolites-anorthosites de la Série Rubanée

(Todd et al., 1982; Irvine et al., 1983). Dans le cas du Stillwater, le fractionnement des éléments traces et les variations des données isotopiques suggèrent que ce phénomène est relié à l'injection de nouveau magma de composition différente dans la chambre magmatique (Lambert et Simmons, 1988; McCallum, 1996). Dans le Stillwater (et dans d'autres intrusions comme le Bushveld), les types des magmas impliqués dans ce processus sont un magma boninitique précoce de "Type-U" (enrichi en MgO et SiO₂) et un magma plus tardif de "Type-A" qui correspond à un magma tholéiitique enrichi en aluminium (Irvine et al., 1983). Dans le cas du CDM, les spectres de TR et la composition de la chromite ne suggèrent pas l'implication de magmas boninitiques (Figure 7.1). La distribution de la composition de la chromite suggère plutôt un magma hybride entre les komatiïtes et les tholéïites.

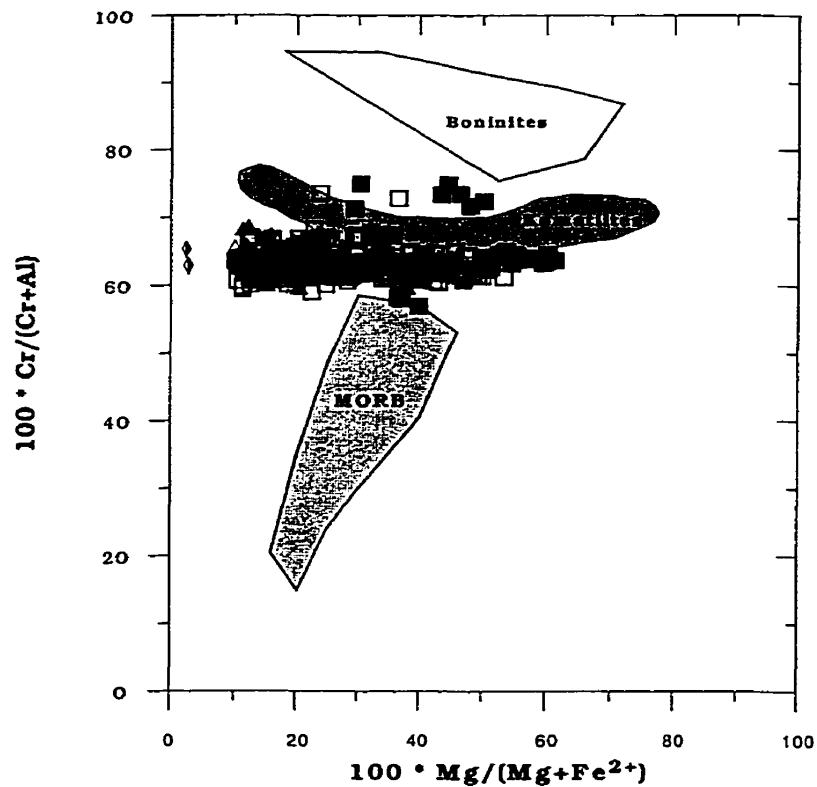


Figure 7.1 Cr# versus Mg# pour les cœurs des spinelles du Complexe de Menarik. Les champs des MORB et des boninites proviennent de Bédard et Hébert (1996) et des komatiïtes de Liipo et al. (1995).

7.1.2 Composition du magma parental

Les observations pétrographiques sur les roches ignées du Menarik permettent d'identifier les principales caractéristiques du magma parental. Premièrement, des évidences pétrographiques (pseudomorphes de Opx, Figure 6.16), et minéralogiques (composition de serpentine provenant d'Opx, Figure 6.17) suggèrent la présence d'orthopyroxène comme phase cumulative. Cette phase est également présente dans la séquence de cristallisation du Complexe de Stillwater (McCallum, 1996), du Complexe de Bushveld (Campbell et al., 1983; Eales et Cawthorn, 1996) et dans le Great Dyke (Wilson, 1996). La présence d'orthopyroxène dans la séquence de différenciation du CDM indique que le magma était saturé en SiO_2 . Notons toutefois que dans le CDM, cette phase semble volumétriquement moins abondante que dans les autres complexes magmatiques. Typiquement, la composition du magma parent des intrusions litées est généralement déterminée à partir des bordures figées de l'intrusion ou à partir de dykes comagmatiques. Dans le cas du CDM, aucune de ces roches n'a pu être échantillonnée. La présence de nombreux horizons suggère une cristallisation à partir de magmas parentaux primitifs (magnésiens) et saturés en chrome (Barnes et al., 1996). Bien que le métamorphisme régional et l'altération hydrothermale aient affecté la composition de la chromite (Figure 6.13), le Cr# est très peu affecté comparativement au Mg# de la chromite (Barnes, 2000). De plus, la cartographie d'éléments des spinelles du CDM suggère que les cœurs des spinelles reflètent une composition primaire bien qu'ils ont subi une certaine rééquilibration lors du refroidissement en présence de l'olivine (Figures 6.5, 6.6, 6.7). La figure 7.1 montre les champs de compositions de la chromite typiquement en équilibre avec des magmas boninitiques, komatiitiques et de type MORB. Les spinelles du CDM ne possèdent pas un Cr# excessivement enrichi comme celui des spinelles associés aux roches boninitiques et montrent des Cr# trop élevés pour des roches océaniques de type MORB. Les chromites du CDM sont caractérisées par des valeurs de Cr# qui se rapprochent des valeurs observées dans les spinelles de roches komatiitiques. Toutefois, la composition des chromites est légèrement déviée vers le champ des chromites associées aux MORB. Ce phénomène est probablement le résultat d'un magma parental moins magnésien que les komatiities typiques.

7.1.3 Spectres de TR

La majorité des échantillons du CDM montrent des spectres de terres rares sub-chondritiques (Figure 5.4). Toutefois, certaines roches montrent des spectres de TR légèrement fractionnés (Figure 5.5). Les péridotites (et chromitites) du CDM sont caractérisées par des compositions en TR (spectres des lanthanides plats et légèrement appauvris en lanthanides légers), en éléments traces (rapports chondritiques des éléments incompatibles) et en éléments majeurs (affinité komatiitique ou ultrabasique) compatibles avec une pétrogenèse dominée par la fusion partielle d'une source asthénosphérique. Cette source serait semblable à celle impliquée dans la pétrogenèse des komatiites non appauvries en Al (Nesbitt et al., 1979; Arndt, 1986) ou avec celles des NMORB (Viereck et al., 1989) (Figure 7.2).

Il existe plusieurs façons de générer des magmas possédant des spectres chondritiques de TR semblables à ceux observés pour les roches du Menarik:

- (1) Fusion partielle d'une source appauvrie (manteau asthénosphérique) avec contamination des magmas ultrabasiques par une source crustale responsable de l'enrichissement en éléments traces incompatibles;
- (2) Variations du taux de fusion partielle d'une source homogène (ex: manteau convectif) à hétérogène (ex: points chauds);
- (3) Une combinaison des deux hypothèses précédentes.

Peut-on réellement impliquer un processus de contamination crustale pour expliquer la formation des péridotites du Menarik? Les processus magmatiques de type assimilation et cristallisation fractionnée (ACF) permettent d'enrichir les magmas en silice et éléments incompatibles comme les TR légères (Perring et al., 1996). La figure 7.3 présente un modèle d'ACF basé sur les algorithmes de Nielsen (1991). Ce modèle simule l'assimilation et la cristallisation fractionnée d'un magma au cours de la différenciation magmatique. La composition d'un liquide komatiitique a été utilisée comme magma parental tandis que les roches rhyodacitiques, basaltiques du Yasinski ainsi que des tonalites archéennes ont été utilisées comme contaminants (Figure 7.3) (source pour les contaminants Laflèche et al., 2000). Il est

à noter que le premier liquide généré par le modèle d'ACF correspond à un taux d'assimilation du contaminant de 0,2 % ce qui implique que le premier liquide généré par le modèle correspond à une très bonne approximation du liquide originel, en l'occurrence un liquide komatiitique. Le modèle d'ACF confirme la possibilité d'une contamination crustale des magmas ultrabasiques lors de la différenciation du CDM. Les spectres obtenus à partir de l'assimilation des contaminants rhyodacitiques ou tonalitiques montrent des enrichissements très rapides en TR légères comparativement aux enrichissements en TR légères obtenus par l'assimilation des basaltes du Yasinski. Les basaltes du Yasinski (Figure 7.3C) ne permettent pas d'enrichir suffisamment les magmas hybrides en TR légères pour expliquer la formation des spectres de TR du CDM. Les rhyodacites (Figure 7.3A) et les tonalites (Figure 7.3B) semblent être capables de générer des spectres de TR montrant un fractionnement des TR légères et lourdes semblables à celui observé dans les péridotites du Menarik. Les taux d'assimilations suggérés par le modèle d'ACF se situe entre 3 et 10% (Figure 7.3B). Compte tenu des observations de terrain, il est fort probable que la principale source de contamination soit la tonalite et non pas la rhyodacitique. Ceci est corroboré par la présence d'enclaves de la tonalite de Duncan dans les péridotites du Menarik (Figure 3.24) et que les roches felsiques du Yasinski sont rares dans la région. Il est à noter que les concentrations en TR, dans les roches ultramafiques du CDM, est de 2 à 5 fois inférieure à celle calculée par le modèle d'ACF. Ceci est normal car ces programmes calculent la composition des liquides magmatiques et non pas celle des cumulats. Arndt (1986) a montré que l'accumulation d'olivine (\pm chromite) dans les roches komatiites produit un effet de dilution sur les spectres de TR. Les spectres de TR des roches cumulatives sont sub-parallèles à ceux des roches extrusives mais avec des abondances moindres.

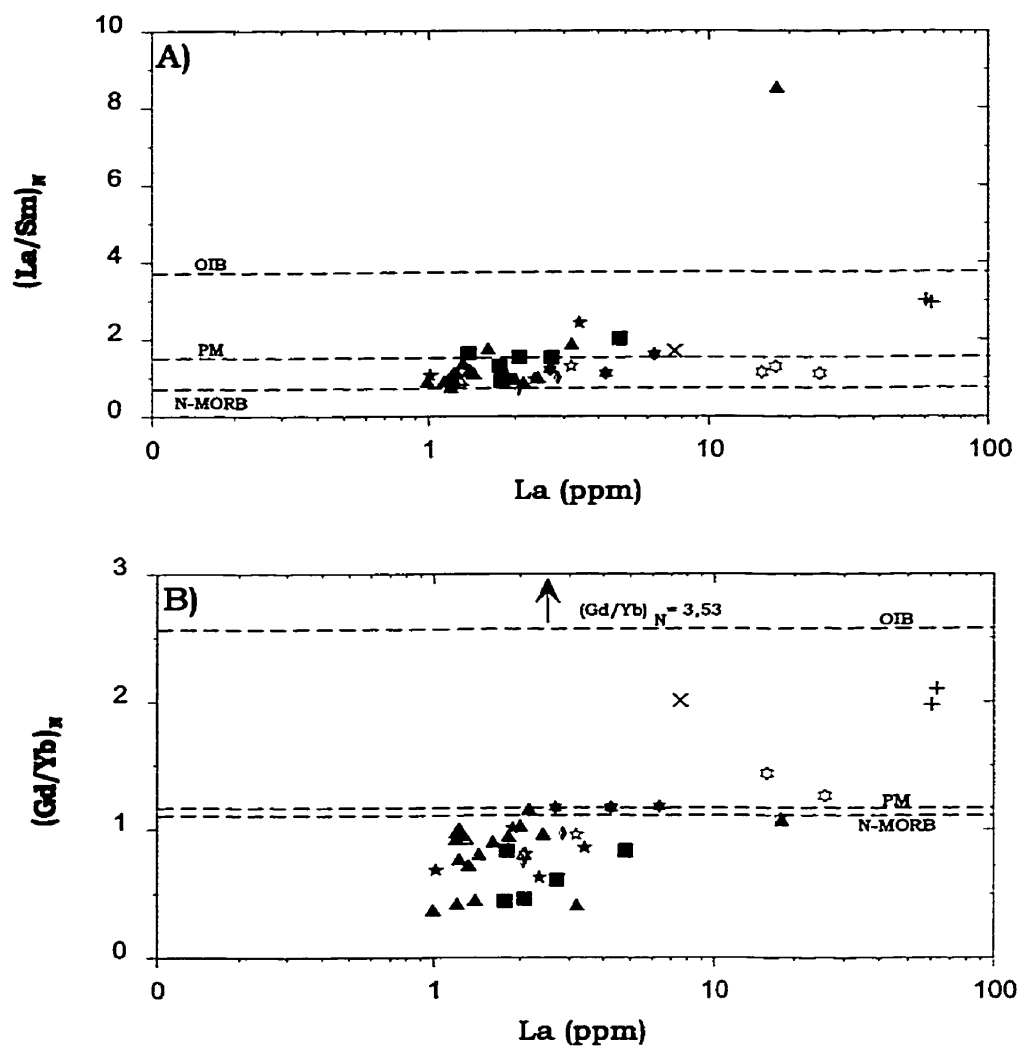


Figure 7.2 Fractionnement des terres rares dans les roches du CDM. (A) $(La/Sm)_N$ en fonction du La. (B) $(Gd/Yb)_N$ en fonction du La. Les données sur le PM= manteau primitif, les NMORB et les OIB proviennent de Sun et McDonough (1989). Légende: se référer à la figure 5.2.

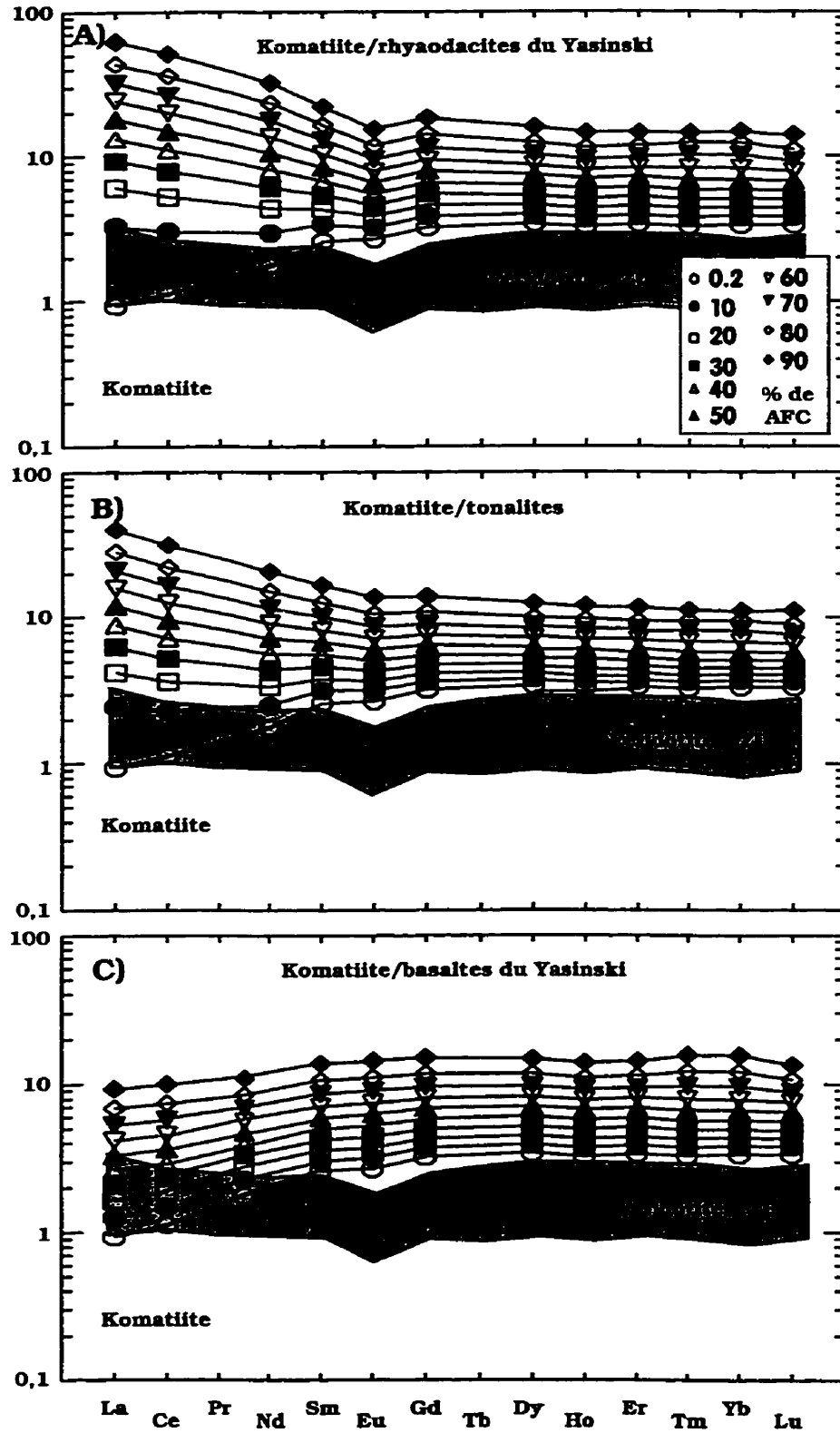


Figure 7.3 Diagrammes représentant l'effet de l'assimilation et de la cristallisation fractionnée lors de la différenciation d'un liquide komatiitique. Les courbes sont calculées à l'aide du programme MixFrac de Nielsen (1999). Le champ ombragé correspond à l'ensemble des données sur les péridotites de la ZU du CDM.

7.1.4 Un ou deux magmas?

Les variations pétrographiques et géochimiques observées dans les roches du Complexe de Menarik sont-elles le résultat de la différenciation d'un magma ou de la différenciation de magmas hybrides issus du mélange de deux magmas différents ? Plusieurs observations suggèrent la présence de deux magmas différents, le premier ultrabasique et le second tholéiitique. Les deux séquences de cristallisation et l'apparition précoce du plagioclase dans la deuxième séquence de cristallisation sont des arguments en faveur de deux magmas. De plus, la géochimie des éléments majeurs et traces, les rapports d'éléments incompatibles similaires, les spectres de TR sub-parallèles entre les gabbros et la ZU suggèrent que les roches de la ZU et la ZM sont génétiquement reliées. Pour générer la ZM et la ZU, on doit probablement impliquer la différenciation de magmas hybrides issus de mélange de deux magmas différents pour la formation du Complexe de Menarik.

En ce qui concerne les roches de la ZU, les différents spectres de TR (Figure 5.5) et les différents rapports d'éléments incompatibles (Zr/Sm), pour des valeurs semblables de Zr (Figure 5.7) suggèrent la présence de plusieurs magmas. Cependant, si la ZU s'est effectivement formée à la suite d'une injection de plusieurs magmas, on doit absolument faire intervenir des magmas de compositions similaires. La faible variation dans la composition de la chromite ($Cr\#$), les faibles variations des abondances en éléments majeurs et traces de la ZU, les faibles variations des rapports d'éléments incompatibles et les spectres de TR sub-chondritiques avec de légères variations suggèrent que les différents magmas proviendraient d'une même source mantellique (probablement asthénosphérique) semblable à celle produisant les magmas komatiitiques archéens.

7.2 Origine des chromitites du CDM

Pendant de nombreuses années, les roches cumulatives étaient considérées comme le produit de l'accumulation de cristaux formés par la décantation et la compaction des cumulats à la base de la chambre magmatique. Ce processus implique une ségrégation gravitationnelle des minéraux qui est responsable de la différenciation des magmas par cristallisation fractionnée. L'origine du litage magmatique dans les complexes stratiformes s'expliquait par l'entremise de processus analogues à ceux qui régissent la formation de certaines roches sédimentaires détritiques. Ces modèles impliquent un tri mécanique des cristaux par l'action de courants magmatiques ou par la compaction différentielle des minéraux selon leurs différences de densité ou par la taille des grains obéissant ainsi à la loi de Stoke (Cameron et Emerson, 1959; Irvine et Smith, 1969). Cependant, l'origine des horizons monominéraliques de chromite, dans les intrusions litées, est un problème que les pétrologues côtoient depuis plusieurs décennies. Sous la seule influence de la cristallisation fractionnée normale, il est extrêmement difficile, voire même impossible, selon le diagramme de phase olivine-chromite-quartz, de produire une précipitation sélective de la chromite (sans olivine) pour constituer des niveaux massifs d'oxyde.

Par la suite, plusieurs hypothèses ont été suggérées pour expliquer ce phénomène sans toutefois le résoudre totalement. Ulmer (1969) et Cameron et Desborough (1969) ont proposé que l'augmentation de la fugacité de l'oxygène pourrait jouer un rôle déterminant dans la cristallisation de la chromite. La géochimie expérimentale, effectuée par Hill et Roeder (1974), confirme l'influence de la fugacité de l'oxygène sur la cristallisation de la chromite. Cependant, Cameron (1977) conclut que les variations cryptiques, observées dans les chromites du Bushveld ne sont pas cohérentes avec l'hypothèse selon laquelle l'augmentation de la fugacité de l'oxygène aurait induit la précipitation de ce minéral.

Le changement dans la pression lithostatique (Cameron, 1977, 1980) est également un mécanisme qui a été envisagé pour causer la précipitation importante de chromite. Ce mécanisme ne répond que très partiellement aux problèmes

observés par les pétrologues étudiant les complexes ignés lités. Subséquentement, Irvine (1975) proposa deux modèles pour tenter de solutionner ce problème. Tout d'abord, la cristallisation de la chromite serait induite par une contamination crustale du magma. Bien que très intéressant, ce modèle permet difficilement d'expliquer la cyclicité des unités observées dans de nombreuses intrusions stratiformes comme le Bushveld et le Stillwater. Irvine (1977) élaborera un modèle de mélange magmatique qui consiste essentiellement à introduire de nouveaux influx de magmas dans une chambre magmatique. Ce processus favorise le mélange entre le magma, plus ou moins évolué, de la chambre magmatique avec un magma primitif. La conséquence de ce mélange est l'obtention d'un nouveau liquide caractérisé par une saturation du chrome qui provoque une précipitation sélective de la chromite.

Ce dernier modèle de Irvine (1977) semble bien répondre aux nombreuses interrogations entourant le mécanisme de précipitation de la chromite. Toutefois, il est important de se rappeler que les autres processus, peuvent dans certains cas, expliquer la cristallisation de la chromite.

Plusieurs hypothèses similaires ont été proposées pour la genèse des chromitites ophiolitiques (ex. l'accumulation gravitationnelle: Thayer, 1969; Dickey, 1975). Certains modèles permettent d'expliquer la formation de dyke de chromite ainsi que la formation de chromitites réactionnelles. Ces hypothèses ont été envisagées récemment pour expliquer l'origine des chromitites qui se situent en-dessous de la zone de transition dunitique des séquences ophiolitiques (dyke de chromite: Lago et al., 1982; Leblanc et Ceuleneer, 1992; chromitite réactionnelle: Zhou et al., 1996; Bédard et Hébert, 1998). La formation de chromitites dans des conduits magmatiques (Lago et al., 1982; Leblanc et Ceuleneer, 1992), suggère qu'un flux de magma ascendant peut se charger progressivement de chromite et en produire des quantités importantes. Un autre modèle, basé sur la contamination d'intrusions péridotitiques par des gabbros ou des pyroxénites, consiste en l'assimilation de la roche encaissante entraînant la saturation du liquide péridotitique en chromite et en orthopyroxène (Zhou et al., 1996; Bédard et Hébert, 1998). Ce mécanisme de syntexie, pour expliquer la formation des chromitites, est

analogue au modèle de contamination crustale du magma proposé par Irvine (1975). Dans le diagramme de phase olivine-chromite-quartz, le mécanisme de syntexie déplace la composition du liquide dans le champ de précipitation de la chromite, où la chromite est le seul minéral à cristalliser tel que le suggère le modèle de la contamination crustale.

Mais qu'en est-il pour les horizons de chromitites du Complexe de Menarik? Quels processus peut-on impliquer pour expliquer la cristallisation d'autant de chromite dans cette intrusion ultramafique de taille relativement modeste?

L'observation de structures d'origine magmatique telles des structures de charge, de granoclassement, de fluage et la présence d'enclaves de la ZU à l'intérieur de la masse péridotitique suggèrent des conditions dynamiques. Les conditions dynamiques qui prévalaient lors de la différenciation dans la chambre magmatique du Menarik éliminent la simple déposition gravitationnelle de la chromite suite cristallisation fractionnée de magmas ultrabasiques (Cameron et Emerson, 1959; Irvine et Smith, 1969; Thayer, 1969; Dickey, 1975). À cause de l'épuisement rapide du chrome, le magma ne peut précipiter uniquement de la chromite tel que le montre le diagramme de phase olivine-chromite-quartz (Figure 7.4B). Lors de la cristallisation fractionnée d'un magma ultrabasique, la composition du liquide se déplace le long de la cotectique olivine-chromite mais ne se retrouve en aucun temps à l'intérieur du champ de la chromite.

Le modèle de Irvine (1975) faisant appel à l'assimilation de roches crustales pour expliquer la formation des horizons de chromites, est envisageable car les chromitites à silicate du CDM montrent un léger enrichissement systématique en TR légères. L'enrichissement en TR légères des roches du Menarik peut être attribuable à la contamination crustale comme le propose le modèle ACF qui suggère l'assimilation de 3 à 10% de roches tonalitiques (Figure 7.3). L'augmentation de la teneur en silice dans le magma permet au liquide magmatique de franchir la ligne cotectique olivine-chromite et d'entrer dans le champ de la chromite. Dans ce modèle, suite au fractionnement de la chromite, la composition du magma revient progressivement le long de la ligne cotectique olivine-chromite (Figure 7.4C). Le

modèle d'AFC, les grains de chromite bourrés d'inclusions silicatées et les enclaves tonalitiques au contact de la ZU et de la tonalite encaissante suggère une certaine contamination des magmas parentaux du CDM. Par contre, il semble difficile d'évoquer ce processus pour expliquer la formation de tous les horizons de chromitites, dont les horizons rythmiques observés sur l'affleurement 97-MH-7371, par la simple contamination crustale.

Un autre modèle envisageable pour expliquer la formation des chromitites du CDM est certainement le mélange de magma proposé par Irvine (1977). Ce modèle est souvent utilisé pour expliquer la formation des chromitites situées à la base ou près de la base dans les intrusions stratiformes du Stillwater et du Bushveld (Irvine et Sharpe, 1986). Dans le cas du Menarik, plusieurs évidences suggèrent la présence de plusieurs injections de magmas. De nombreuses chromitites (en particulier à la base de l'affleurement 97-MH-7371) consistent en une alternance de niveau de chromitites et de dunités. Perring et Vogt (1990, 1991) suggèrent que ces faciès de cumulats sont la conséquence d'un mélange dynamique entre une nouvelle venue de magma et le magma fractionné. Ce nouvel apport de magma produit une stratification d'un magma hybride avec le nouveau magma situé à la base. Le magma le plus primitif cristallise l'olivine ou l'olivine-chromite d'abord. Puis le magma hybride cristallise d'abord la chromite uniquement et ensuite il cristallise l'olivine et la chromite (Figure 7.4D). Dans ce modèle, les niveaux de dunités et de chromitites sont produits simultanément. Dans le cas du CDM, un autre facteur appuie la thèse du mélange de magma. Pour des teneurs semblables d'éléments incompatibles comme le Zr, on retrouve des variations dans les rapports d'éléments incompatibles (Zr/Sm) implique un fractionnement des éléments incompatibles qui peut être expliqué par l'apport de nouveaux magmas dans la chambre magmatique (Figure 5.7). Si on exclut la possibilité de contamination crustale des magmas (peu d'inclusions silicatées dans les chromites des sections détaillées), les différents spectres de TR suggèrent la présence de plusieurs injections magmatiques, bien que probablement génétiquement apparentées. Cependant, dans le cas du Menarik, les indices de fractionnement ne sont pas très variables ($Cr\#$, $Mg\#$) ce qui tend à suggérer que si les chromitites résultent d'un mécanisme de mélange magmatique, la composition en éléments majeurs des deux magmas doit être semblable. Dans

l'ensemble, ces éléments compatibles, comme le Mg (Mg#) et le Ni, augmentent rapidement après un horizon de chromite mais varient très peu à l'extérieur de la zone d'influence des chromitites.

Le modèle le plus probable pour la formation des horizons de chromitites du Complexe de Menarik est certainement le mélange de magma. Toutefois, un problème reste entier même si le modèle de mélange magmatique est le plus approprié. Comment expliquer l'absence de changement dans les indices de fractionnement et que l'on n'observe aucune variation importante, sauf pour le Mg#, dans la composition de la chromite? Deux phénomènes peuvent expliquer ces observations. Tout d'abord, pour expliquer la formation des chromitites nous suggérons un mélange de magmas ayant une même affinité géochimique et non pas le mélange d'un magma boninitique de type "U" avec un autre magma tholéïtique de type "A" comme proposé pour expliquer la formation des lits de chromitites du Complexe de Bushveld (Campbell et Murck, 1993). Le mode de formation de la ZU du Menarik ressemble d'avantage à celui proposé pour expliquer l'origine de la Série Ultramafique du Complexe de Stillwater. Dans le cas du Stillwater, le mélange fait intervenir uniquement des magmas boninitiques (Type "U"). Dans le cas de la ZU du Menarik, le mélange impliquerait des magmas komatiitiques ou basalto-komatiitiques. La nature komatiitique ou basalto-komatiitique expliquerait pourquoi l'orthopyroxène est un constituant moins dominant dans le CDM comparativement au Stillwater. Si la Zone Mafique est bel et bien une partie intégrante du CDM, le mélange de magmas primitifs (ZU) avec un magma tholéïtique serait tardif dans l'évolution du CDM. Un tel phénomène est suggéré pour expliquer l'origine de la Zone Rubanée du Complexe de Stillwater (Campbell et Murck, 1993).

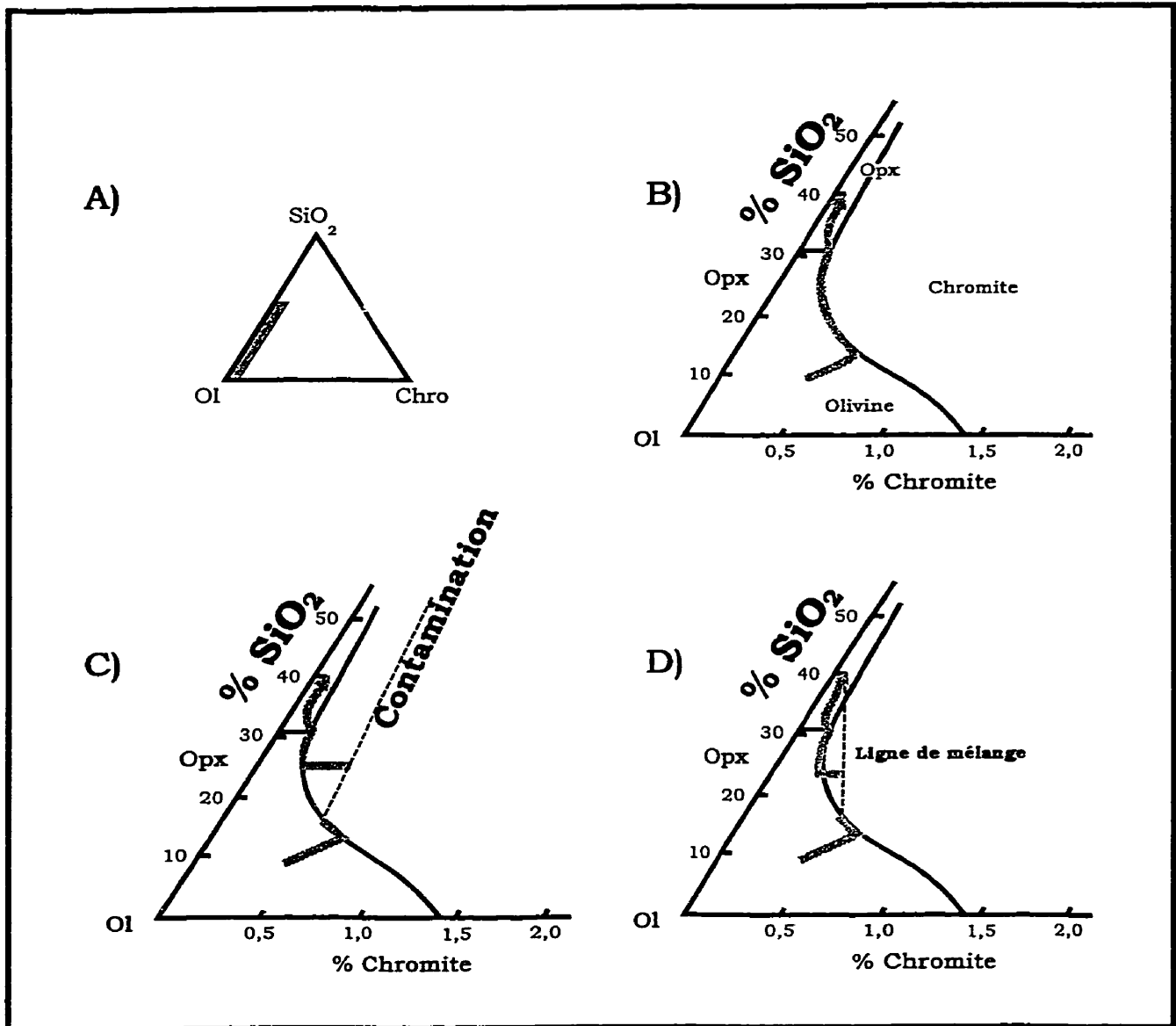


Figure 7.4 (A) Diagramme ternaire du système olivine-chromite-silice (d'après Irvine, 1975, 1977). (B) Évolution normale du liquide lors de la cristallisation fractionnée. (C) Évolution du liquide lors de la contamination par des roches crustales riches en silice. (D) Évolution du liquide lors du mélange de magma.

Dans le CDM, la faible variation de composition de la chromite peut également être expliquée par la cristallisation de la chromite à l'intérieur de courants magmatiques multicellulaires (Lago et al., 1982; Leblanc et Ceuleneer, 1992). Dans un tel modèle, plusieurs injections de magmas ascendants circulent dans un conduit magmatique et se chargent progressivement de chromite. Étant donné son solidus élevé, la chromite demeure en suspension dans les cellules d'éluviations (zone d'élargissement des conduits magmatiques). La chromite précipite éventuellement lorsque l'intensité de la convection diminue. Ce modèle permet d'expliquer les diverses structures magmatiques observées dans les intrusions stratiformes et aussi la composition homogène de la chromite. La coexistence de chromites dépourvues d'inclusions avec des chromites criblées d'inclusions dans le CDM pourrait être le résultat de la variation dans le temps de résidence des chromites à l'intérieur des cellules d'éluviations. Dans ces conduits magmatiques, les conditions évoluent sans changer drastiquement compte tenu d'un apport magmatique uniforme (montrant peu de variation en éléments majeurs). Évidemment, ce modèle a été utilisé pour expliquer l'origine des objets géologiques de petites tailles (formation des dykes de chromite dans les ophiolites) et non pas pour expliquer l'origine des horizons de chromitites des intrusions.

Finalement, le modèle le plus probable pour expliquer la formation des horizons de chromitites du CDM est probablement une combinaison du modèle du mélange de magmas (Irvine, 1977) avec un apport probablement limité du modèle de la contamination crustale (Irvine, 1975) et le modèle conceptuel des cellules d'éluviations (Lago et al., 1982; Leblanc et Ceuleneer, 1992). Les horizons de chromitites du CDM se sont probablement formés à l'intérieur de courants magmatiques multicellulaires dans un grand conduit magmatique qui représenterait peut être une racine de lopolite. Dans un même temps, le conduit magmatique serait alimenté continuellement par la venue de nouvelles injections de magmas d'affinité komatiitique ou picritique permettant ainsi la précipitation importante de chromite dans le Menarík. La combinaison de ces modèles semble expliquer la plupart des caractéristiques pétrologiques du CDM.

7.3 Origine des minéralisations en ÉGP

Comme la concentration du Pt (8 ppb) et du Pd (4 ppb) dans le manteau (Barnes et al., 1985), on doit pouvoir concentrer les ÉGP d'un facteur de 100 à 1000 fois pour former des dépôts de platinoïdes économiquement exploitables. Pour former un magma riche en ÉGP, la source mantellique doit subir une fusion partielle suffisante pour dissoudre les sulfures du manteau et ainsi les incorporer dans le magma. Selon Barnes et al. (1985) et Keays (1995) le taux de fusion nécessaire est d'environ 20 à 25 %. Pour obtenir un tel taux de fusion des péridotites, la fusion partielle du manteau doit être élevée comme dans le cas des komatiïtes (ou basalte riche en MgO), ou encore provenir d'une fusion partielle répétée du manteau produisant des magmas de type boninitique (type "U"). Dans le cas du Menarik, le caractère primitif (ex. chromitites; Cr# de la chromite = 0,60-0,65; affinité komatiïtite ou picritique) du magma parental suggère un taux de fusion du manteau a été suffisamment élevé pour obtenir des magmas enrichis en ÉGP.

La capacité du magma à dissoudre les sulfures est un facteur important pour former des gisements d'ÉGP. De la même façon, le mode de transport des magmas vers le site d'intrusion est également un paramètre critique. Si le magma perd sa phase sulfurée avant sa mise en place dans la croûte, alors le magma sera appauvri en ÉGP. Cet appauvrissement s'explique par la ségrégation précoce des sulfures qui collectent et précipitent les ÉGP (Barnes et al., 1993, 1996; Maier et al., 1998).

Jusqu'à maintenant, les travaux effectués dans la région du CDM suggèrent que les roches sédimentaires et les roches volcaniques du Groupe de Yasinski se sont mises en place dans un environnement rift continental immature (Goutier et al., 1999; LaFlèche et al., 2000). Ce réseau de fractures translithosphériques offre un environnement favorable pour l'intrusion des magmas mafiques et ultramafiques comme ceux impliqués dans la formation du CDM. Cet environnement géodynamique serait favorable à la formation de gîtes de platinoïdes.

Le moment de la séparation des sulfures est donc un paramètre important. Les travaux de Barnes et al. (1985, 1988, 1993, 1996) et Maier et al. (1996, 1998) ont montré qu'il est possible d'évaluer si les mécanismes magmatiques des roches intrusives ont antérieurement précipité des sulfures avant leur mise en place finale dans la croûte. Pour ce faire, les rapports d'éléments comme Ni/Pd, Cu/Ir, Cu/Pt et Cu/Pd peuvent être utilisés afin de vérifier si les ÉGP ont été ségrégués.

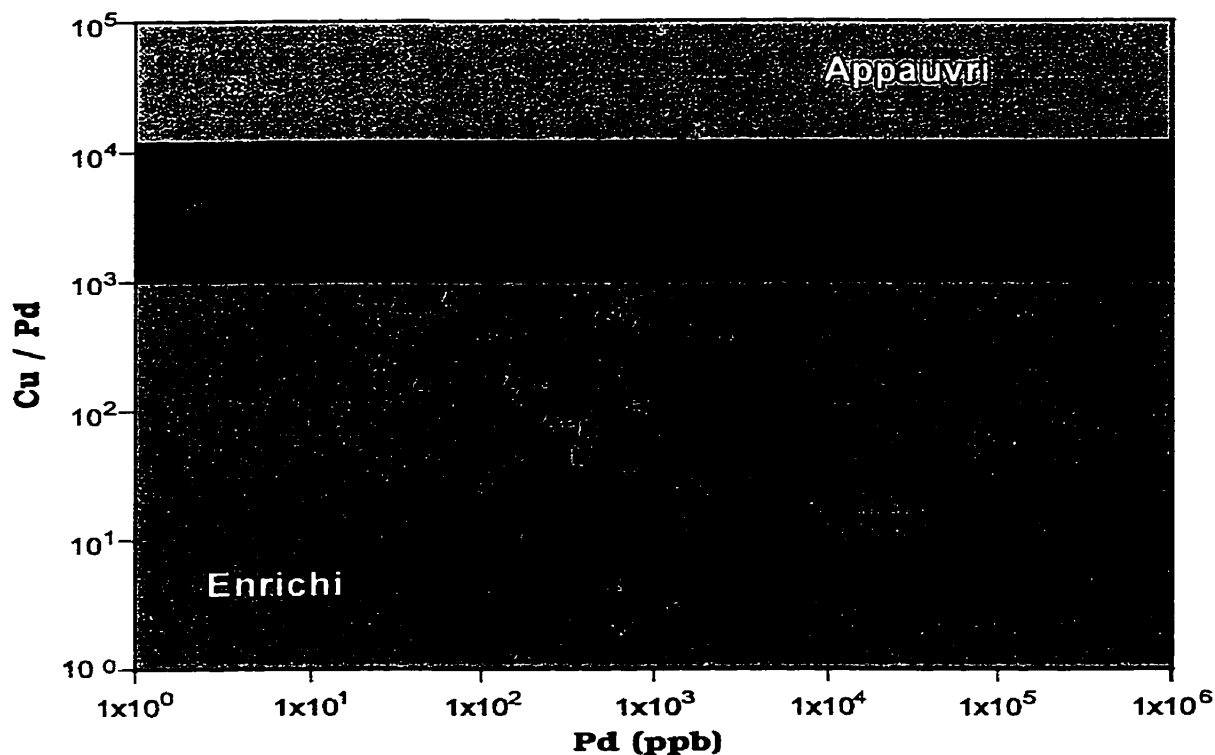


Figure 7.5 Graphique Cu/Pd en fonction du Pd pour les diverses lithologies du Complexe de Menarik (modifié de Barnes et al., 1985). Légende comme dans la figure 5.2.

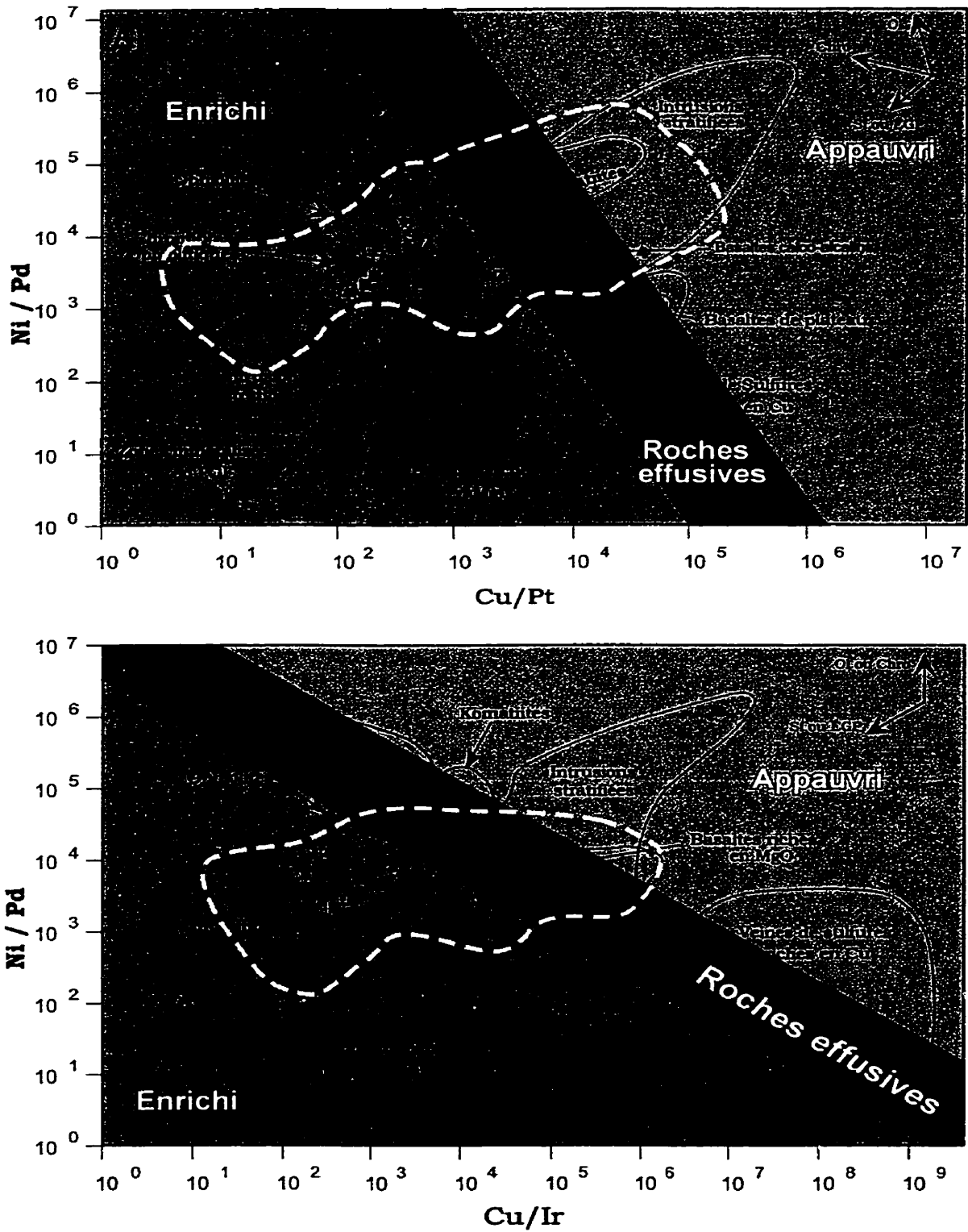


Figure 7.6 Graphiques de rapports d'éléments pour les diverses lithologies du CDM. (A) Ni/Pd en fonction de Cu/Pt. (B) Ni/Pd en fonction de Cu/Ir. (modifiés de Barnes et al., 1985). Légende: se référer à la figure 5.2.

Les ÉGP ont des coefficients de partage beaucoup plus élevés dans les phases sulfurées que le Ni et le Cu. Si tous les sulfures sont dissous dans le magma et que le Cu, le Pd, le Pt et le Ni sont solubilisés, alors les rapports Cu/Pd et Cu/Pt devraient se rapprocher de ceux suggérés pour le manteau soient 6×10^3 et 3×10^3 respectivement (Barnes et al, 1993). Si il y a immiscibilité d'un liquide sulfuré dans le manteau ou durant l'ascension du magma, les ÉGP seront préférentiellement extraits du magma de sorte que ces rapports seront nettement supérieurs à ceux observés pour le manteau. Des rapports Ni/Pd et Cu/Pt élevés suggèrent un faible potentiel pour des minéralisations en ÉGP.

Les figures 7.5 et 7.6 montrent que la majorité des échantillons du CDM ont des rapports Cu/Pd, Cu/Pt et Cu/Ir inférieurs ou légèrement supérieurs à ceux suggérés pour le manteau. Les roches du CDM forment un essaim dans le diagramme Ni/Pd versus Cu/Pt (Figure 7.6A) qui indique que ces rapports sont principalement contrôlés par la cristallisation de la chromite et la ségrégation d'un liquide sulfuré. Dans le diagramme Ni/Pd versus Cu/Ir (Figure 7.6B), les roches du CDM forment également un essaim qui suggère que ces rapports sont principalement contrôlés par la ségrégation d'un liquide sulfuré. Ces rapports indiquent probablement que le magma n'a pas perdu son contenu en platinoïdes lors de l'ascension vers le lieu de mise en place. Il est donc possible que l'intrusion soit hôte d'un dépôt de ÉGP.

L'incorporation des I-ÉGP dans les magmas est étroitement liée à la température et au degré de fusion partielle des péridotites mantelliques. Lors de la fusion partielle du manteau, les I-ÉGP ont un comportement fortement compatible. Tandis que les P-ÉGP ont généralement un comportement incompatible et sont relativement solubles dans les magmas sous-saturés en soufre. Ceci explique l'importance d'étudier la saturation du soufre dans les magmas potentiellement porteurs de ce type de minéralisation.

Les teneurs en Ni, en Ir, en Os et en Ru diminuent dès le début du fractionnement magmatique compte tenu de leurs incorporations dans les minéraux réfractaires comme l'olivine et la chromite (Figure 7.7). Le Pd, le S et le Cu sont des

éléments plus incompatibles qui contrastent avec les I-ÉGP (Figure 7.7). Lors de la différenciation magmatique, le degré de saturation du soufre influence grandement le comportement des P-ÉGP. Généralement, les teneurs en Cu et en S atteignent un maximum à la saturation du magma en soufre. Durant la cristallisation d'un magma ultramafique ou mafique, le Pd et le Pt s'accumulent dans le liquide résiduel jusqu'à la saturation en S du magma.

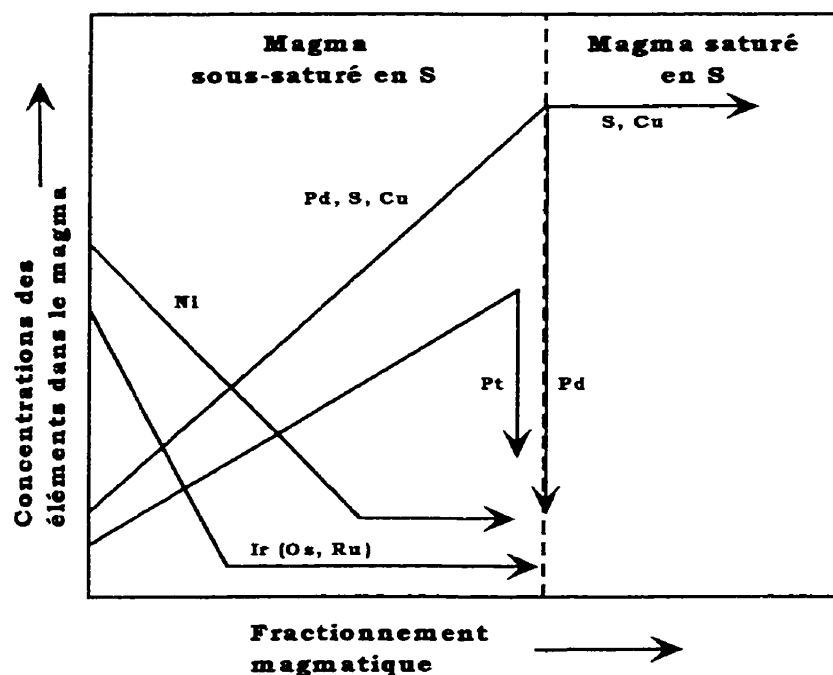


Figure 7.7 Variation des abondances en métaux de bases et précieux au cours de la différenciation magmatique (modifiée de Keays, 1995).

Lors de la saturation en soufre, les gouttelettes de sulfures magmatiques immiscibles incorporent les ÉGP en fonction du coefficient de partage très élevé entre le liquide silicaté et le liquide sulfuré (Keays, 1995). Cette ségrégation explique l'appauvrissement très rapide du magma de tous les ÉGP.

En supposant une faible mobilité du S, lors du métamorphisme régional et de l'altération hydrothermale, la figure 7.8 suggère que toutes les roches de la Zone Ultramafique du CDM semblent avoir cristallisé à partir d'un magma ou plusieurs magmas sous-saturé(s) en S. Selon cette figure, les chromitites et les chromitites à

silicate semblent cristallisé à partir d'un magma très sous-saturé en soufre compte tenu de leurs rapports Pd/Cu très élevés. Étant donné que le contenu en soufre n'est pas disponible pour l'ensemble des échantillons du CDM, nous sommes limités dans l'interprétation de ces données. Cependant, les quelques données disponibles sur la teneur en soufre suggèrent des rapports Pd/S et Pt/S élevés (Pd/S = 1700, Pt/S = 480) à modérément élevés (Pd/S = 350, Pt/S = 95) typiques des magmas sous-saturés en S (Keays, 2000).

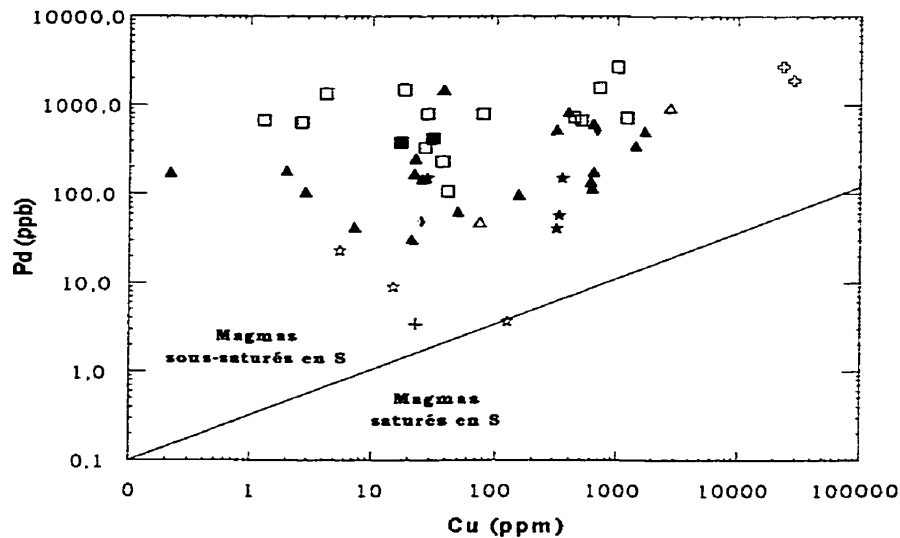


Figure 7.8 Diagramme Pd versus Cu servant à évaluer le degré de saturation en S des magmas de la ZU du CDM (Modifié de Vogel, et al., 1999). Légende : se référer à la figure 5.2.

Les roches de la ZU du CDM sont projetées dans le diagramme pour démontrer l'état de saturation en S des échantillons du CDM. Le comportement idéalisé des ÉGP lors du fractionnement d'un magma (Figure 7.7) montre que les dépôts de Cu-Ni-ÉGP sont généralement formés par la ségrégation d'un liquide immiscible à partir d'un magma silicaté. Cette ségrégation peut être provoquée en réponse à un mélange de magmas, à la baisse de température, à la différenciation, à la contamination et à des variations de fO_2 et fS_2 .

Comme le montre la figure 7.8, le magma du CDM était probablement sous-saturé en S, donc riche en ÉGP dissous. Cependant, il est difficile d'établir à quel

moment la saturation du soufre s'est produite pour former les zones enrichies en ÉGP.

Un des problèmes majeurs rencontré lors de l'exploration des gîtes d'ÉGP, associés à des intrusions stratiformes, est que les horizons enrichis en ÉGP (reefs) sont généralement très minces par rapport à l'épaisseur de la séquence de roches cumulatives. Contrairement aux reefs, ces cumulats montrent habituellement des concentrations faibles en ÉGP. Les variations de certains éléments ou rapports d'éléments en fonction de la position des échantillons dans une colonne stratigraphique peuvent permettre d'estimer le moment où le système atteint la saturation en soufre du magma et ainsi indirectement de déterminer le moment de la déposition des platinoïdes. Le rapport Cu/Pd est un excellent traceur pour déterminer s'il y a eu ségrégation ou non de sulfures dans un système magmatique (Maier, et al., 1996, 1998). Ce rapport peut donc devenir un outil très puissant pour localiser les zones potentiellement minéralisées en ÉGP. Barnes et al (1993) ont montré que les rapports Cu/Pd des roches magmatiques du Complexe de Munni Munni en Australie exhibent des enrichissements très distinctifs en Cu/Pd à l'approche des horizons riches en ÉGP (reefs). Toutefois, dans le cas du CDM, aucun horizon enrichi en ÉGP de type Munni Munni (ex. Merensky Reefs ou J-M Reefs) n'a été observé. Il n'est pas dit par contre qu'un horizon minéralisé de ce type n'existe pas dans le CDM. Cependant, l'étude des variations des rapports Cu/Pd et Cu/Pt dans les sections détaillées permet de cibler les zones les plus prometteuses (Figures 5.13 et 5.14). La vaste majorité des échantillons du CDM montrent des concentrations anormales en ÉGP qui sont reflétées par des rapports Cu/Pd inférieurs aux valeurs observées pour le manteau. Dans le détail, les rapports Cu/Pd des roches du CDM montrent une cyclicité où toutes les chromitites sont caractérisées par de faibles rapports Cu/Pd et Cu/Pt tandis que les péridotites adjacentes montrent des rapports plus élevés. Ceci indique que les horizons de chromitites correspondent à des épisodes de saturation en S du ou des magmas parentaux. La présence de nombreuses inclusions de sulfures dans les chromites du CDM suggèrent ces épisodes de saturation en S dans les chromitites.

Les mécanismes responsables de la concentration des ÉGP, dans les intrusions litées, sont très controversés. D'un côté, l'hypothèse orthomagmatique (Campbell et al., 1983; Irvine et al., 1983; Barnes et Naldrett, 1985, 1986) propose que la saturation en S est le résultat du mélange de deux magmas sous-saturés provoquant ainsi la formation d'un liquide sulfuré immiscible collectant les ÉGP dans des grains de sulfures disséminés dans les roches ultramafiques. Le modèle hydrothermal implique la présence d'un fluide riche en volatiles qui permet le transport des ÉGP. Ce modèle propose la concentration des ÉGP dans le magma fractionné jusqu'à ce qu'un fluide magmatique se forme. Les ÉGP peuvent alors être transportés dans la phase fluide et percoler à travers l'empilement de la séquence cumulative jusqu'à la rencontre d'une barrière (ex. horizon de chromitite) ou d'une zone de changement abrupte des conditions de Eh-pH des fluides (Ballhaus et Stumpfl, 1986; Boudreau et al., 1986).

De nombreuses études récentes suggèrent que la présence de fluides est déterminante lors de la formation du Merensky Reef (Bushveld) et du J-M Reef (Stillwater). Une des caractéristiques des chromitites et des horizons enrichis en ÉGP du Stillwater et du Bushveld appuyant le modèle hydrothermal est l'association avec des roches pegmatitiques. Ces zones pegmatitiques résulteraient de l'infiltration des fluides et du métasomatisme (Von Gruenewaldt, 1979; Stumpfl, 1982; Schiffries, 1982).

Dans le CDM, cette association entre les zones pegmatitiques et les chromitites n'a pas été observée. De plus, les minéraux hydratés comme la phlogopite et la biotite n'a pas été observée dans les roches du Menarik. La seule évidence de l'influence d'un fluide lors de la mise en place des ÉGP est la présence d'assemblages platinifères de Sb-Te-Bi-As en association avec les sulfures ou avec la gangue silicatée constituée de serpentines, de chlorites ou de carbonates. Mathez (1989), Watkinson et Ohnenstetter (1992) et Farrow et al. (1997) ont montré que ce type d'assemblage avec les platinoïdes est généralement associé à la circulation hydrothermale de basse température. Souvent, ces assemblages secondaires sont des remobilisations d'assemblages platinifères magmatiques (Mathez, 1989; Watkinson et Ohnenstetter, 1992). On trouve les mêmes assemblages platinifères

dans les filonets de sulfures hydrothermaux localisés en bordures des failles recoupant le CDM. Ces observations n'impliquent pas nécessairement que la minéralisation en ÉGP du Menarik soit essentiellement reliée à l'hydrothermalisme. Les travaux de Meurer et al. (1999) ont montré que des fluides riches en chlore ont la capacité de redistribuer ces métaux. L'absence d'évidence de roches métasomatisées (zone pegmatitique, phases riches en volatils) limite l'implication d'un fluide hydrothermal dans la minéralisation platinifère du CDM. Le modèle le plus probable reste le modèle magmatique impliquant le mélange de plusieurs magmas amenant la saturation en S en la collection des ÉGP avec la matte sulfurée. De plus, ce modèle est compatible avec la précipitation de la chromite par mélange. Cependant, il est probable que la minéralisation d'ÉGP magmatique dans les horizons de chromitites fut l'objet d'une remobilisation hydrothermale favorisant ainsi la reprécipitation des ÉGP magmatiques sous la forme d'assemblages platinifères de basse température (Sb-Te-Bi-As) dans ces horizons de chromitites et probablement dans les péridotites adjacentes.

7.4 Comparaison avec d'autres intrusions stratiformes

7.4.1 Classification

La comparaison du Complexe de Menarik avec d'autres intrusions stratiformes à travers le monde exige certains regroupements. Depuis de nombreuses années, la classification des gisements métallifères a été approchée de différentes façons. Les critères utilisés pour la classification des intrusions stratiformes sont les suivants:

- Association avec la roche encaissante (intrusions mafiques/ultramafiques);
- Association minéralogique (Ni-Cu, ÉGP et Cr) (Naldrett, 1981, Naldrett, 1989);
- Localisation géographique (péridotite alpine);
- Age de la minéralisation (Archéen, Protérozoïque, ...);
- Environnements géotectoniques (Naldrett et al., 1980, 1981, 1989);
- Processus minéralisateur (orthomagmatique, etc.) (Macdonald, 1987);

- Phases qui apparaissent au liquidus avec ou après l'olivine (Opx, Cpx, Pl) (Ohnenstetter et al., 1994)

L'environnement géotectonique est le critère le plus fréquemment utilisé pour établir la classification des intrusions litées. Cette classification a permis d'établir la distribution des intrusions et des gisements en fonction d'un environnement tectonique particulier. Cependant, aucun lien n'a pu être dégagé avec la composition du magma, la nature des cumulats et les caractéristiques des gisements vis-à-vis une telle classification géodynamique. La classification utilisée pour comparer le Menarik et d'autres intrusions stratiformes est celle proposée par Ohnenstetter et al. (1994) compte tenu que cette classification fait intervenir la composition du magma original en plus de considérer l'environnement géodynamique (Tableau 7.1).

Tableau 7.1 Classification des complexes mafiques-ultramafiques (Âge en millions d'années) (modifié Ohnenstetter et al., 1994).

Classes	Lopolites intra-continentaux		Dykes et rifts. Autres intrusions		Ophiolites, rifts évoluant vers des arcs insulaires		Complexes alaskéens. Arcs insulaires		Complexes mafiques	
	Classe I Ol-Opx	Bushveld	2800	Great Dyke	2500	Vourinos	160			Noril'sk
	Stillwater	2700	Penikat		Kempirsei	Dév.				
	Jimberlana	Arch.	Kemi	2440	N-Calédo.	Olig.				
			Jinchuan	1509	Troodos	90				
			(?) Lac des Montagnes							
	Menarik	2618 2709	Menarik	2618 2709						
Classe II Ol-Cpx	Munni Munni	2800	Dumont	2700	Shetlands	Caléd.	Alaska	Jur.	Dufek	Jur.
	Muskox	1220	Sill	2800	Albanie	Jur.	Tulameen	186		
			Lac des Iles	Prot.			Duke	Dév.		
			Bird River	2745			Island			
			(?) Lac des Montagnes				Oural			
Classe III Ol-PG	Skaergaard	Tert.	Rhum	Tert.	Philippines	Crét.			Duluth	1100
	Insizwa	Jur.			Oman	Crét.			Crystal	1100
					Appenin N.	Jur.			Lake	

Cette classification est définie d'après les phases qui apparaissent au liquidus simultanément ou postérieurement à l'olivine. La classe I est constituée de Ol-Opx qui traduit une forte saturation en silice du magma. La classe II est constituée de Ol-Cpx qui indique une forte activité en calcium tandis que la classe III est constituée de Ol-PG qui montre une teneur importante en alumine. Le Complexe de Menarik fait partie de la classe I (dominée par l'olivine et l'orthopyroxène). Le CDM s'est probablement mis en place dans un environnement de rift intra-continentale compte tenu du contexte géologique de la région (Goutier et al., 1999; LaFlèche et al., 2000). Nous considérons que le CDM peut faire partie des lopolites intracontinentales ou intrusions litées et dykes reliées à des rifts (Tableau 7.1). Le Menarik fait donc partie du même groupe que la plupart des grands complexes stratiformes à travers le monde comme le Bushveld, le Stillwater et le Great Dyke (Tableau 7.1). La majorité des gisements de chromite et de ÉGP sont localisés dans des intrusions appartenant à la classe I.

Au Québec, les minéralisations en chrome et platinoïdes sont presque entièrement toutes du type podiforme (Marcotte, 1980). L'intrusion du Lac des Montagnes (région de Némiscau, Baie-James) est l'une des rares intrusions ultramafiques, au Québec, considérée comme ayant les caractéristiques d'un gisement de type stratiforme (Williams, 1965; Duke, 1986; Duke, 1996). L'intrusion du Lac des Montagnes montre plusieurs similitudes avec le Complexe de Menarik comme les textures magmatiques pour les roches ultramafiques et les chromitites. La minéralogie secondaire est dominée par la serpentine, la chlorite et la trémolite tout comme le CDM. Cependant, les comparaisons ne peuvent être poussées très loin compte tenu du manque de données disponibles sur l'indice du Lac des Montagnes.

7.4.2 Chromite, indicateur pétrogénétique

La composition de la chromite est un élément important pour comparer les similitudes entre plusieurs intrusions ultramafiques. Le tableau 7.2 montre que la composition de la chromite du CDM est similaire à celle d'autres complexes stratiformes. Les chromites du CDM montrent des valeurs similaires, pour le Mg#,

Cr# , Cr/Fe et la proportion Fe^{3+}/Fe^{2+} , à celles observées dans le Bushveld, le Great Dyke, le Stillwater et le Kemi qui sont toutes des intrusions de la classe I (Ol-Opx). Les chromites du CDM montrent également des similitudes avec les chromites du Bird River pour le Cr# et avec le rapport Cr/Fe et ce, même si cette intrusion fait partie de la classe II. Par contre, le Mg# et le rapport Fe^{3+}/Fe^{2+} sont généralement plus faibles pour le Bird River que pour le CDM. La composition des chromites de l'ophiolite de Oman (type III) et de la Nouvelle-Calédonie (type II) est très différente de la composition des chromites du CDM pour le Mg#, le Cr#, le Cr/Fe et le Fe^{3+}/Fe^{2+} .

Tableau 7.2 Comparaisons entre la composition de la chromite du Complexe de Menarik et celle des autres complexes mafiques-ultramafiques.

	Mg#	Cr#	Cr/Fe	Fe³⁺/Fe²⁺
Menarik	0,02-0,61	0,58-0,69	0,70-2,48	0,10-0,52
Bushveld	0,24-0,58	0,60-0,75	0,95-3,0	0,16-1,12
Great Dyke	0,36-0,67	0,70-0,80	2,1-3,9	0,14-0,26
Stillwater	0,39-0,57	0,60-0,66	1,0-2,1	0,14-0,70
Kemi	0,11-0,54	0,60-0,70	0,70-1,88	0,15-0,79
Bird River	0,13-0,43	0,57-0,64	1,0-1,5	0,04-0,12
Oman	0,47-0,71	0,11-0,80	0,8-3,9	0,00-0,24
N-Calédonie	0,36-0,72	0,21-0,84	1,4-4,6	0,00-0,46

Stowe, 1994; Alapieti et al., 1989

Conséquemment, si on projette les données des coeurs de chromite dans un diagramme ternaire Cr-Al- Fe^{3+} , elles tombent dans les champs du Bushveld et du Stillwater (Figure 7.9). La composition de la chromite du Menarik est tout à fait similaire à celle de la chromite de grandes intrusions stratiformes minéralisées en chrome et ÉGP comme le Complexe de Bushveld et le Complexe de Stillwater.

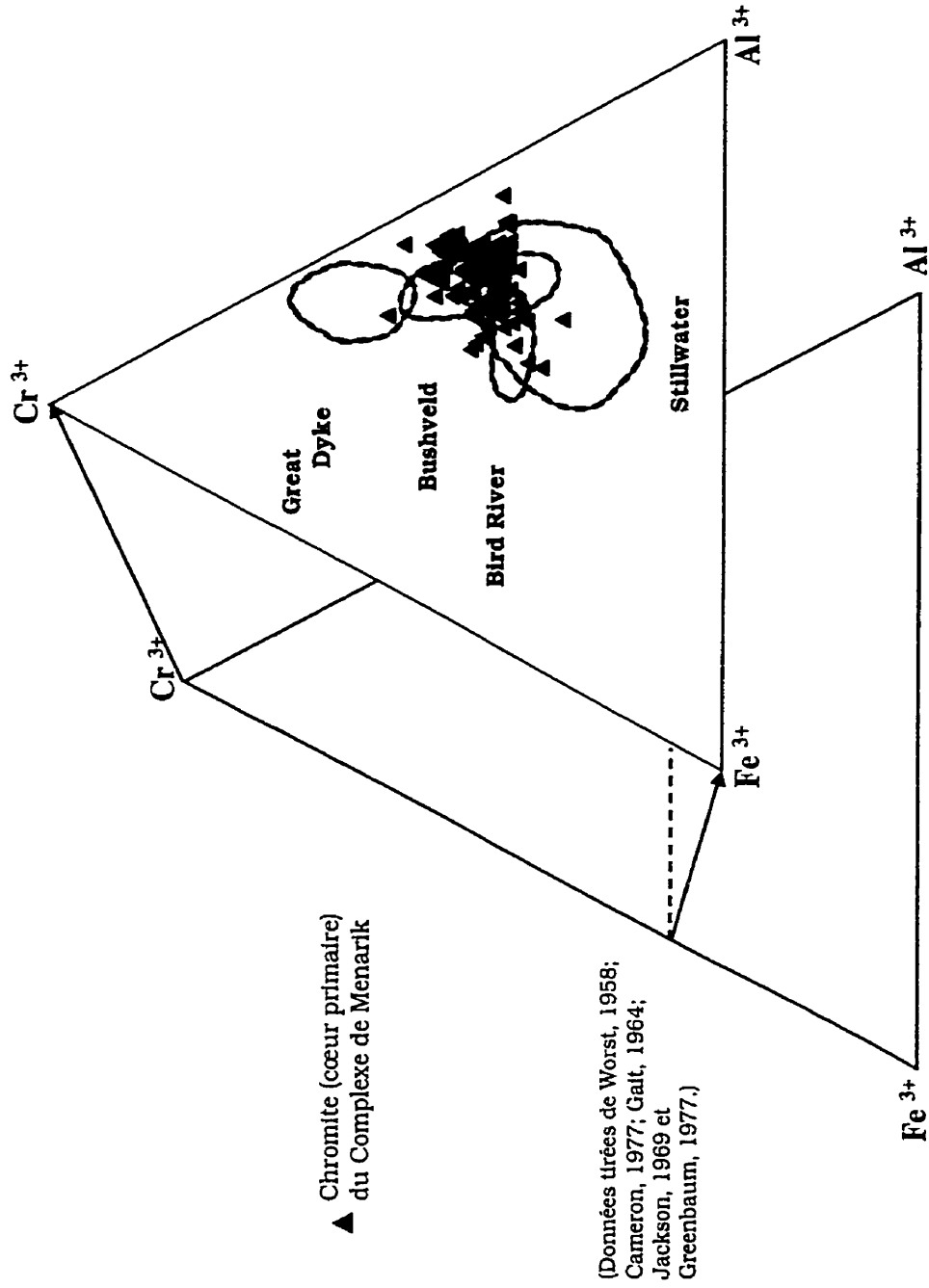


Figure 7.9 Projection de la composition des chromites du CDM dans un diagramme ternaire Cr-Al-Fe.

7.4.3 Éléments du groupe du platine

La comparaison des patrons d'ÉGP entre les roches ultramafiques du CDM à celles associées aux complexes minéralisés du Bushveld et du Stillwater est très intéressante. Les chromitites du Bushveld (Lower Group Chromitites, Middle Group Chromitites, Upper Group Chromitites et le UG-2 Reef) montrent des spectres d'ÉGP concaves comme les chromitites et les chromitites à silicate du CDM (Figure 7.10A-B-C). Les concentrations en platinoïdes sont similaires à celles des horizons de chromite du Bushveld (Lower, Middle et Upper Group) mais inférieures à celles observées dans l'horizon UG-2. Une distinction importante entre les horizons minéralisés du Menarik et du Bushveld est la présence d'une anomalie négative en Pt dans les chromitites du Menarik (Figure 7.10A-B-C). Par contre, d'autres chromitites associées au Stillwater (É.U.) et à l'intrusion de Penikat (Finlande) montrent également des anomalies négatives en platine (Figure 7.10D). Les concentrations en ÉGP sont semblables pour les chromitites de Penikat et celles du Menarik. Les spectres des roches silicatées du Menarik diffèrent de ceux des roches appartenant à la Lower Zone et à la Lower Critical Zone du Complexe de Bushveld (Figure 7.10E-F). Nous avons observé que dans le Menarik, les spectres des roches silicatées étaient grandement influencés par la présence de chromite calquant ainsi l'allure observée dans les spectres des chromitites pour les P-ÉGP et les I-ÉGP. Cependant, les roches silicatées montrent des teneurs beaucoup plus faibles que celles du Bushveld. Ce phénomène ne semble pas présent dans les péridotites du Bushveld compte tenu que la chromite présente dans ces roches, en proportion, est beaucoup moins importante que dans les péridotites du Menarik.

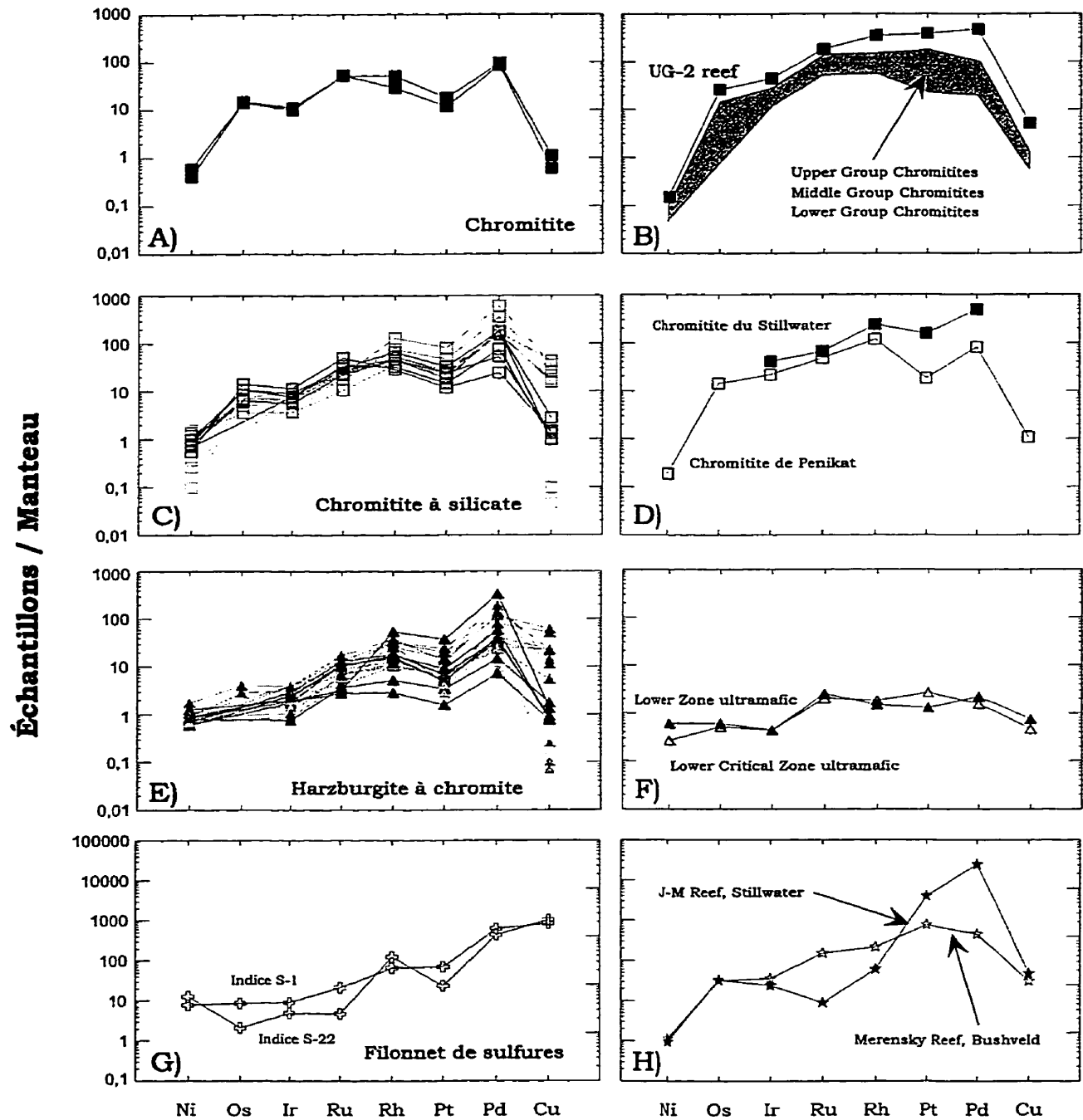


Figure 7.10 Comparaison des spectres des ÉGP du CDM avec d'autres intrusions stratiformes. (A) Chromitites du CDM. (B) Chromitites du Bushveld. (C) Chromitites à silicate du CDM. (D) Chromitites du Stillwater et de Penikat. (E) Harzburgites à chromite du CDM. (F) Péridotites de la Lower et Lower Critical Zone du Bushveld. (G) Filonets de sulfures du CDM. (H) Horizon du Merensky Reef du Bushveld et l'horizon J-M Reef du Stillwater. Légende: se référer à la figure 5.2.

En général, la grande proportion des minéralisations platinifères associées aux intrusions litées se situe dans des horizons enrichis en ÉGP (reef). Aucun horizon de ce type n'a été identifié à l'intérieur du CDM. Il est intéressant de comparer les spectres du Merensky Reef (Bushveld) et du J-M Reef (Stillwater) avec les spectres des chromitites, des péridotites et des filonets de sulfures du Menarik. Les chromitites et les péridotites du Menarik montrent des spectres très différents des spectres montrés par les horizons enrichis en ÉGP (Figure 7.10). Par contre, les filonets de sulfures ne possèdent pas les concentrations et l'extension latérale des reefs. Il est tout même intéressant de faire la comparaison compte tenu que la minéralisation est associée, dans les deux cas, à des zones enrichies en sulfures de métaux de bases (Figure 7.10G-H). Dans le cas du Menarik, les filonets de sulfures montrent également de faibles anomalies en Pt. Les spectres d'ÉGP de ces sulfures exhibent une légère pente positive similaire à celle observée dans les zones minéralisées du Merensky Reef. Par contre, dans les veines de sulfures, on n'observe pas l'appauvrissement en Ni et Cu par rapport aux ÉGP. Ce phénomène est facilement explicable par la nature même de la minéralisation. Les indices de sulfures au Menarik sont constitués de veines de chalcopryrite, pentlandite, millérite semi-massive à massive contrairement à l'horizon du Merensky Reef qui contient généralement moins de 2 % de S en pourcentage poids.

7.4.4 Comparaison pétrologique

La composition de la chromite, les teneurs en ÉGP du CDM sont comparables à celles d'autres complexes stratiformes, mais qu'en est-il des caractéristiques pétrologiques des roches intrusives du Menarik? Dans cette section, nous comparons le Menarik au Complexe de Bushveld (Lower Zone et Lower Critical Zone) et au Complexe de Stillwater (Peridotite Zone). Des sections spécifiques du Bushveld et du Stillwater sont utilisées compte tenu de leurs natures ultramafiques. Premièrement, une comparaison pétrologique montre que le Menarik est similaire à la Lower Zone et à la Lower Critical Zone du Complexe de Bushveld et à la Peridotite Zone de la Série Ultramafique du Complexe de Stillwater (Tableau 7.3).

Tableau 7.3 Comparaison pétrologique du Complexe de Menarik avec le Complexe de Bushveld et le Complexe de Stillwater.

Comparaisons Menarik/Bushveld/Stillwater			
	Menarik	Bushveld	Stillwater
Olivine	Cumulat, Fo 84-89 (2) Fo 81 (1)	Cumulat, Fo 82-89	Cumulat, Fo 79-90 (US) Fo 84-86 (PZ)
Opx	Cumulat, intercumulat (?), En (?)	Cumulat, En 90-85, LZ En 88-70, LCZ	Cumulat
Cpx	Phase PC ou intercumulat, mineur, localement > 10%	Phase PC ou intercumulat, mineur, localement > 10%	Intercumulat, mineur
Chromite	Chromite disséminée et horizon de chromitite	Chromite disséminée (LZ, LCZ) et horizon de chromitite (LCZ)	Chromite disséminée (PZ) et horizon de chromitite (PZ)

Note: Données provenant de(1) ce travail; (2) Rivard, 1984; Maier et Barnes, 1998; McCallum, 1996. La Lower Critical Zone (LCZ) et la Lower Zone (LZ) sont utilisées pour le Bushveld. La Ultramafic Series (US) et la Peridotite Zone (PZ) sont utilisées pour le Stillwater.

Les spectres de TR du CDM présentent des similitudes avec la LZ et la LCZ malgré un enrichissement en TR légères plus marqué dans les roches du Bushveld (Figure 7.11A-B). Cependant, la majorité des lithologies présentes dans ces sections du Bushveld sont des pyroxénites. Étant donné la prédominance de l'olivine dans le CDM, la figure 7.11C montre la similitude entre les harzburgites de la LZ et LCZ comparativement aux roches du Menarik (essentiellement des harzburgites). On remarque alors que les spectres de TR du Menarik sont légèrement moins enrichis en TR légères et quelque peu plus riches en TR lourdes malgré que les deux groupes de roches présentent des spectres de TR lourdes relativement plats.

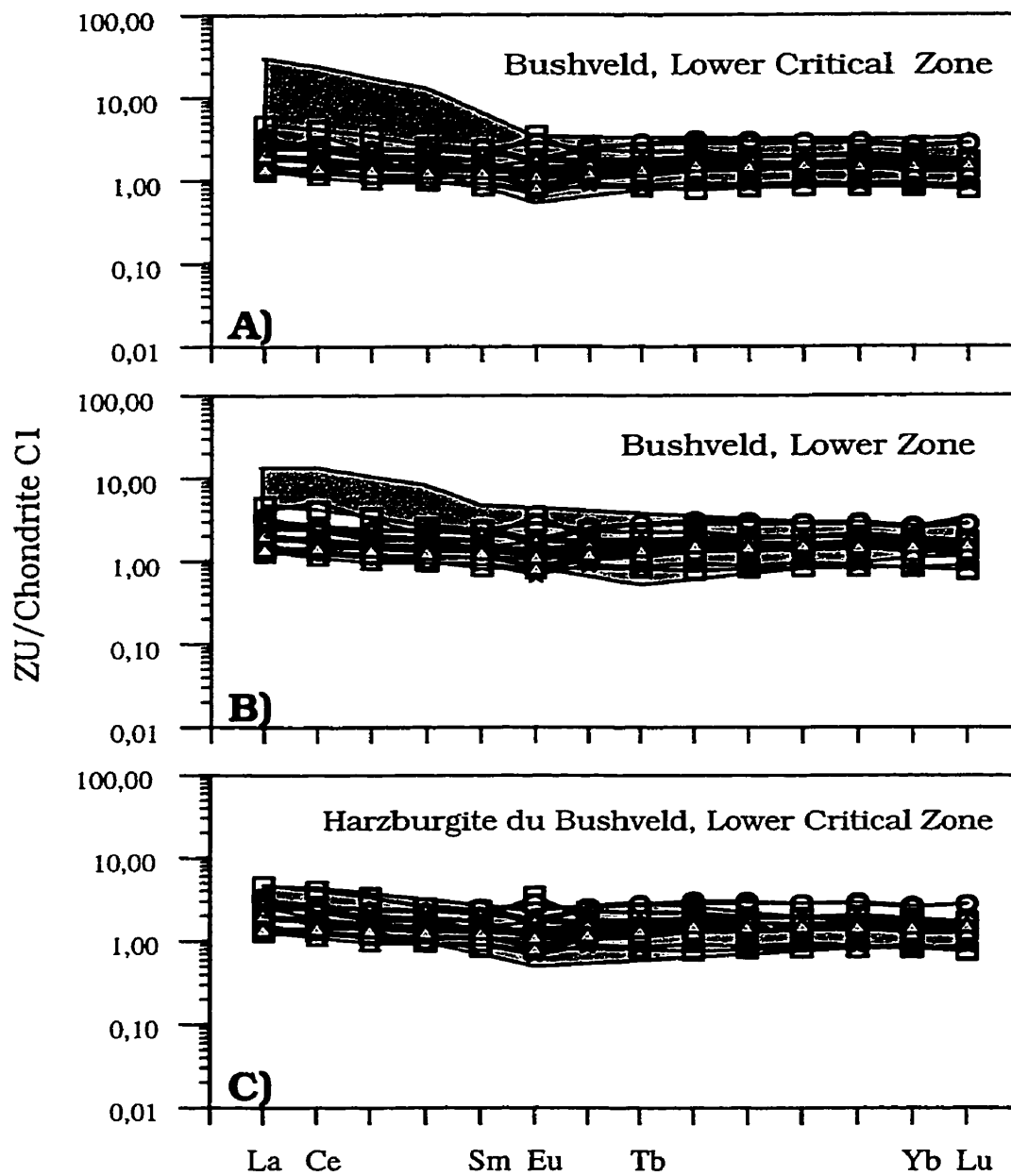


Figure 7.11 Comparaison des profils de TR du Menarik avec ceux de la LZ et LCZ du Complexe de Bushveld (zone ombragée). (A) ZU vs LCZ. (B) ZU vs LZ. (C) ZU vs les harzburgites de la LCZ et la LZ.

Les spectres de TR des komatiïtes du Lac Guyer montrent certaines analogies avec les spectres observés dans la ZU. Les spectres de TR lourdes sont plats dans les deux cas, mais les spectres des TR légères sont légèrement plus appauvris dans les komatiïtes que dans le Menarik (Figure 7.12). Cependant, on remarque que les spectres associés au groupe I du CDM montrent un appauvrissement similaire et ressemblent étrangement aux spectres des komatiïtes du Lac Guyer. Cependant, les teneurs absolues en TR sont plus faibles dans le Menarik compte tenu de la nature cumulative des roches du Complexe de Menarik.

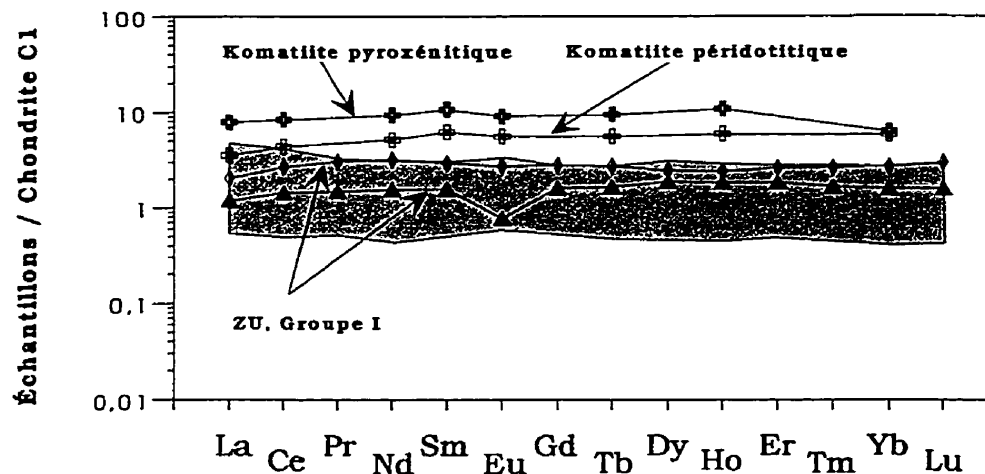


Figure 7.12 Comparaisons des spectres de TR de la ZU du CDM (zone ombragée, TR de la ZU) avec les spectres des komatiïtes du Lac Guyer. (données des komatiïtes tirées de Stamatelopoulou-Seymour et al., 1983).

7.5 Modèle métallogénique

Le modèle magmatique unifié, proposé par Naldrett et al. (1990), explique relativement bien la formation des horizons de chromite et la concentration des ÉGP dans les intrusions litées. Ce modèle fait appel à quatre étapes de formation de niveaux enrichis en ÉGP associés avec des sulfures ou avec des horizons de chromitites (Figure 7.13).

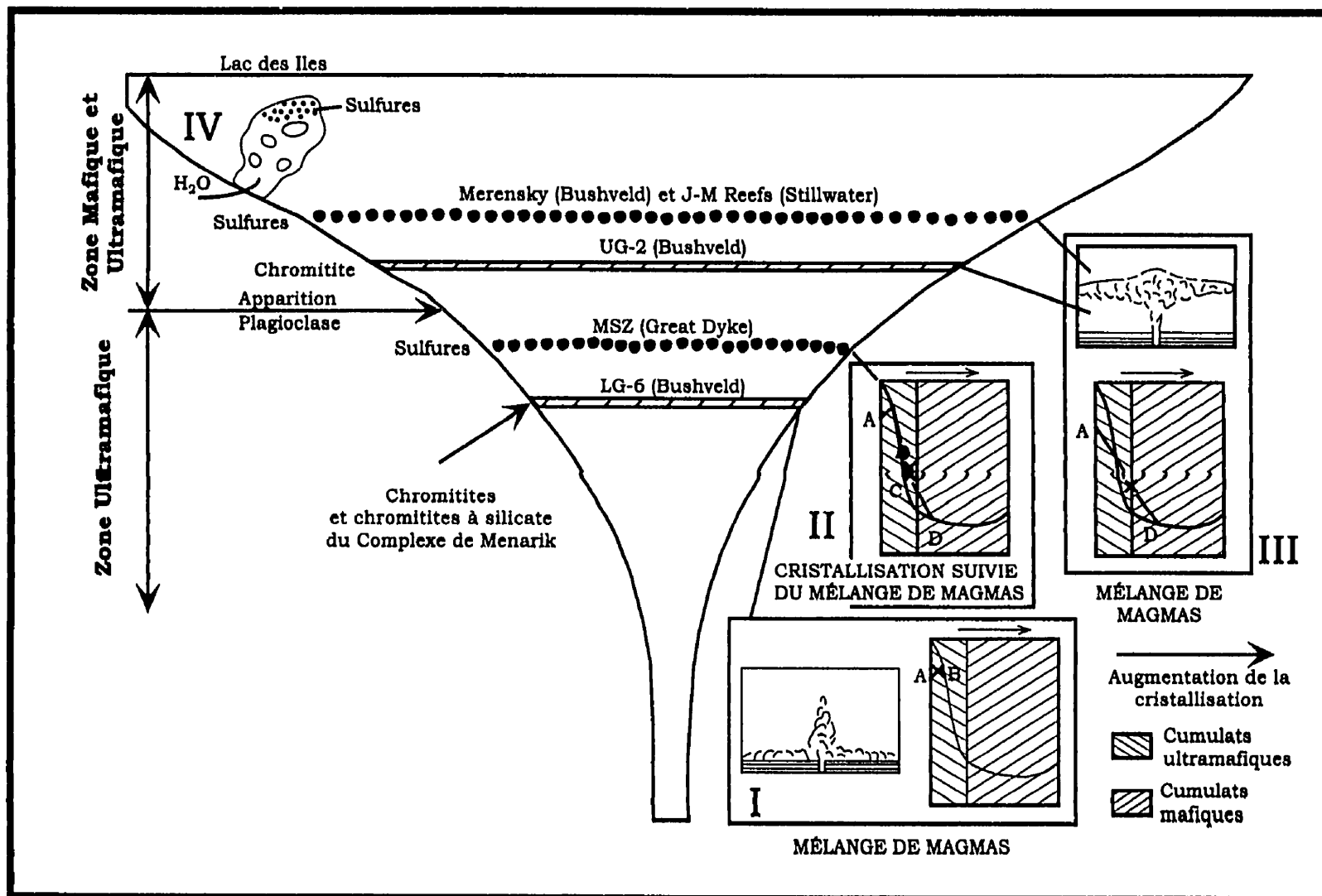


Figure 7.13 Section hypothétique à travers une intrusion litée montrant les différents types de chromitites et dépôt de sulfures enrichis en ÉGP. Les différentes minéralisations sont le résultat de la cristallisation fractionnée, du mélange magmatique (mélange de deux magmas ou plus) et d'un enrichissement de la minéralisation par l'entremise d'une zone de raffinage (Modifiée de Naldrett et al., 1990). Détails dans le texte.

L'étape I consiste, dans la zone ultramafique en profondeur, en un mélange entre de nouveaux flux de magma et le magma résiduel. Ce processus de mélange intervient avant que le magma du réservoir atteigne un niveau critique de saturation en soufre. À ce moment, les chromitites ne sont pas enrichies en sulfures et sont pauvres en Pt et Pd. Il est tout même important de mentionner que même si les chromitites sont considérées comme "pauvres" en ÉGP (par rapport aux reefs), elles peuvent contenir environ un à deux g/t d'ÉGP. Cette étape est impliquée dans la formation des chromitites de la Lower Zone du Bushveld et de la majorité des chromitites du Stillwater. La saturation en S de la zone II est le résultat de la cristallisation fractionnée sans mélange magmatique. Les zones minéralisées 2 et 3 du Great Dykes font partie de ce groupe. Ce mode de formation de minéralisations en ÉGP peut se produire n'importe où à l'intérieur de l'intrusion. Il dépend uniquement du degré de saturation en S initial du magma en présence. Dans le magma résiduel, lors de l'apparition du plagioclase sur le liquidus, la courbe de saturation du S est relativement plate et l'apport de nouveaux magmas entraîne le magma hybride dans le champ de saturation des sulfures. Dans ce cas, on peut former des chromitites enrichies en sulfures et en ÉGP (comme le UG-2) ou encore on peut former des horizons riches en ÉGP mais particulièrement enrichis en chrome (sans pour autant être des chromitites) comme le Merensky Reef. L'étape IV concerne la formation de gisement de type brèche d'intrusion comme celle du Lac des Iles (Canada). Dans ce cas, le niveau de fractionnement élevé des ÉGP n'est probablement pas directement relié à une minéralisation hydrothermale. Celui-ci serait plutôt le résultat d'un enrichissement de la minéralisation magmatique (zone de raffinage) par les volatiles qui induisent la fusion partielle des roches minéralisées permettant ainsi d'enrichir le liquide sulfuré en ÉGP.

Définitivement, l'étape IV, où la minéralisation est le résultat d'un enrichissement de la minéralisation par une zone de raffinage, est totalement à exclure. L'étape II est également à exclure parce que la cristallisation fractionnée peut facilement produire des niveaux enrichis en ÉGP mais très difficilement les horizons rythmiques de chromitites du Menarik. L'étape III fait appel au mélange d'un magma très fractionné (apparition du plagioclase au liquidus) avec le magma résiduel pour former une minéralisation de type UG-2. Dans le cas du Menarik,

nous n'observons pas la précipitation du plagioclase comme minéral cumulat dans la Zone Ultramafique. De plus, la géochimie des unités de la ZU suggère le mélange d'un magma légèrement fractionné (similaire au magma primitif) pour expliquer la formation des lits de chromitites du Menarik. Compte tenu de ce fait, le mélange magmatique ne peut provoquer une brusque saturation en sulfures (Figure 7.15, étape I). L'ensemble des observations permet de conclure que les lits de chromite riches en ÉGP du CDM se sont probablement formés précocement lors de l'étape I. La formation des chromitites du Menarik ressemblerait beaucoup plus aux chromitites du Complexe de Stillwater qu'à celles du Bushveld. Par contre, le contenu en ÉGP des chromitites du Menarik semble légèrement supérieur à celui observé dans le Stillwater. Il est possible de produire des chromitites enrichies en ÉGP dans l'étape I comme en témoigne les caractéristiques de la chromitite A du Stillwater (Figure 7.16). Dans cette chromitite, les concentrations plus élevées pourraient résulter de l'atteinte d'une saturation en S du mélange par un autre processus. Mathez (1999) suggère que la précipitation simultanée de la chromite et des sulfures est le résultat de la cristallisation de la chromite qui amène le magma vers une saturation en S. Ce modèle est une variante du modèle de Mathez (1976) qui suggère une augmentation de la saturation en S lors de la cristallisation de l'olivine. Lors du refroidissement, les sulfures réagissent avec la chromite et produisent une chromite plus riche en fer créant ainsi un excès de S perdu en partie dans la vapeur et dans les alliages résiduels des ÉGP. La recristallisation produirait de nouveaux grains de chromite et favoriserait le développement de minéraux du groupe du platine (Mathez, 1999). Cet enrichissement pourrait être également le résultat d'une redistribution des métaux de base et des métaux précieux par un facteur de 2 ou 3 (Meurer et al., 1999) Ce modèle a été utilisé pour expliquer l'origine des minéralisations d'ÉGP dans la Middle Banded series du Stillwater.

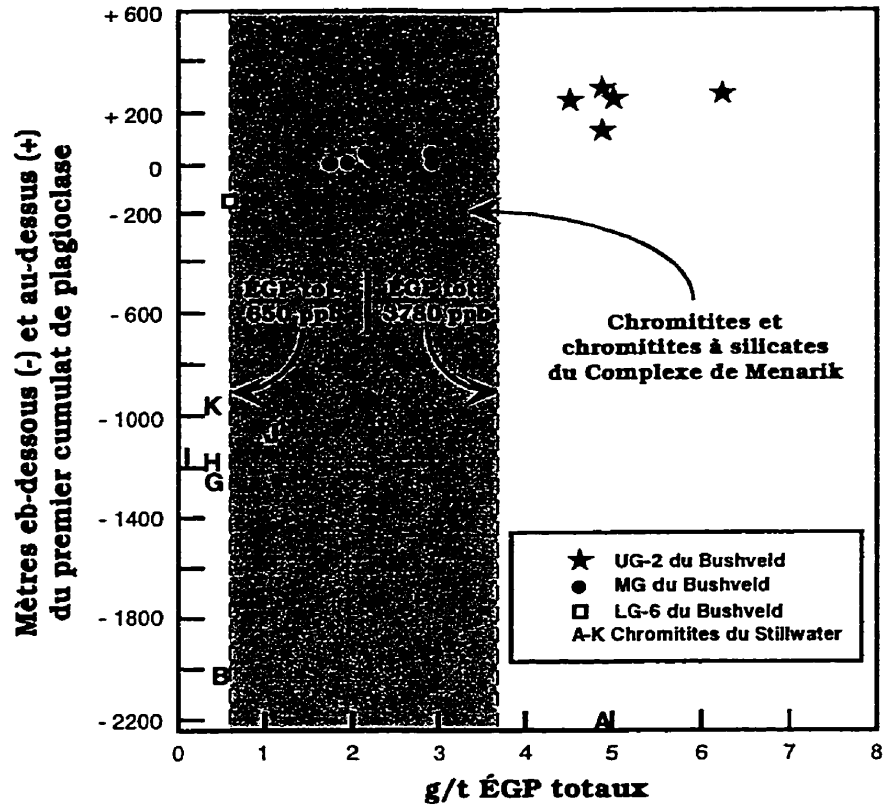


Figure 7.14 Projection des concentrations des ÉGP (Σ ÉGP) pour des chromitites des complexes de Bushveld et de Stillwater en fonction de la stratigraphie (Modifiée de Naldrett et al., 1990). La zone ombragée représente les concentrations des Σ ÉGP des chromitites et chromitites à silicate compte tenu que nous avons pu déterminer la position stratigraphique des différents échantillons.

7.6 Travaux futurs

Cette section consiste à faire le point sur quelques problèmes qui n'ont pas été résolus durant ce mémoire de maîtrise. Également, nous voudrions signaler quelques nouveaux problèmes qui ont été mis à jour durant les présents travaux sur le Complexe de Menarik.

La géométrie du Complexe de Menarik est de mieux en mieux. Cependant, le couplage des données géologiques de surface et de forages est essentiel à la poursuite des travaux et permettrait l'élaboration d'un modèle tridimensionnel de

l'intrusion. Dans un tel contexte, l'établissement précis de la stratigraphie de l'intrusion et de la continuité de celle-ci pourrait avoir de grandes implications pour l'exploration des minéralisations en Cr-ÉGP.

Le comportement et le potentiel en ÉGP du CDM sont maintenant mieux connus. Cependant, l'étude des platinoïdes est restreinte à deux indices parmi les 32 existants. Il serait intéressant et même important de connaître l'extension latérale de ces minéralisations platinifères. De plus, une coupe-type, à travers l'intrusion complète, pourrait être réalisée pour identifier les variations des rapports Cu/Pd et Cu/Pt. Les variations de ces rapports pourraient probablement orienter les nouveaux travaux d'exploration pour les minéralisations d'ÉGP du Menarik.

Le rapport isotopique du strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) est un outil fréquemment utilisé pour expliquer l'origine des intrusions stratiformes. Les variations de ce rapport isotopique pourraient être utilisées pour mettre en évidence d'éventuels mélanges, si il existe bien, des mélanges de magmas qui sont difficiles à établir uniquement sur la base des données actuelles. Des variations importantes du $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ont été observées au niveau du Merensky Reef dans le Bushveld (Kruger et Marsh, 1982; Sharpe, 1985) suggérant que la minéralisation en ÉGP soit génétiquement relié au mélange de magma de composition très contrastée (Irvine et al., 1982).

Finalement, le volet minéralogique de ce projet a permis de caractériser les minéralisations en Cr et ÉGP. Malgré l'altération de la chromite (transformation en ferritchromite), la concentration en Cr_2O_3 est relativement constante. Les hautes teneurs en fer ferrique de la chromite résultent du remplacement de l'aluminium par le fer ferrique. Une méthode métallurgique appropriée (ex. chloruration à haute température de la chromite) pourrait peut-être améliorer la qualité du spinelle chromifère de cette intrusion. La minéralisation platinifère présente des teneurs très intéressantes dans les chromitites et augmente la rentabilité de l'exploitation de la chromite. Cependant, la minéralogie platinifère est très finement grenue et pourrait entraîner des problèmes importants lors de la séparation.

7.6 Synthèse

Le tableau 7.4 présente les principales caractéristiques de cette intrusion mafique-ultramafique de la Baie James.

Le CDM est caractérisé par deux séquences de cristallisation. L'une est associée à la Zone Ultramafique (ZU) et présente des cumulats lités (75 %) d'affinité komatiitique ou picritique tandis que l'autre est reliée à la Zone Mafique (ZM) et montre des gabbros (25 %) d'affinité tholéitique compte tenu de l'apparition précoce du plagioclase dans la séquence de cristallisation.

Le fractionnement des roches du Menarik est contrôlé essentiellement par l'accumulation de l'olivine et de la chromite. Les pyroxènes (Opx ± Cpx) influencent beaucoup moins l'évolution géochimique des roches du CDM. Les spectres de TR sont caractérisés par de très faibles teneurs et montrent des tendances sub-chondritiques. On observe un léger enrichissement en TR légères dans plusieurs spectres de TR des roches du Menarik et en particulier dans les chromitites et les chromitites à silicate.

Les signatures en ÉGP des roches du Menarik montrent des teneurs anormales pour des roches de ce type. Les roches ultramafiques sont généralement enrichies en P-ÉGP et I-ÉGP tandis que les roches mafiques sont appauvries en ÉGP. Les teneurs absolues les plus élevées en ÉGP se localisent dans les chromitites, les chromitites à silicate et dans les péridotites adjacentes.

Le modèle le plus probable, pour la formation des horizons de chromitites et des horizons enrichis en ÉGP fait appel à un mélange magmatique de magmas de même affinité géochimique peut être combiné avec un faible apport de contamination crustale. La ZU du CDM est probablement la racine d'un ancien lopolite ou d'un conduit magmatique où les minéralisations en chrome et en (ou les) platinoïdes ont pu se développer.

Tableau 7.4 Sommaire de la pétrogenèse et de la géochimie du Complexe de Menarik.

Complexe de Menarik		
	Zone Ultramafique	Zone Mafique
Séquence de cristallisation	ZU Ol+Chro-Opx-Cpx	ZM PG-Ol+Chro-Px
Affinité pétrogénétique	Komatiitique ou picritique	Tholéitique
Mg#	71-93	56-78
Caractéristiques des TR	Sub-chondritique, - Enrichissement TR légères, spectres plats de TR lourdes	Sub-chondritique, - Enrichissement TR légères, spectres plats de TR lourdes
Caractéristiques des ÉGP	Fortement enrichie en P-ÉGP/enrichie en I-ÉGP	Sous le seuil de détection (<6 ppb)
Magma parent	- Magma primitif komatiitique/picritique - Saturé en Cr - Saturé en SiO ₂	- Magma tholéitique
Contamination possible		Tonalite
Taux d'assimilation		5-10%
Pétrogenèse	Mélange de magma de même affinité géochimique (Komatiitique/picritique), +/- de contamination crustale (tonalite)	
Modèle métallogénique	- Minéralisations d'ÉGP magmatiques Mélange magmatique entraînant: ⇒ la saturation en chrome (chromitites) ⇒ la saturation en S entraînant la précipitation de sulfures (exsolution des ÉGP) - Remobilisation des ÉGP magmatiques ⇒ MGP similaires dans les chromitites et les filonets de sulfures ⇒ Assemblages de basses températures pour les MGP (Sb, Te, Bi, As)	

L'aspect important qui ressort de ce chapitre est certainement le potentiel économique de l'intrusion de Menarik. On retrouve la plupart des conditions à la formation d'un gisement de Cr-ÉGP dans le secteur du lac Menarik. La géochimie des TR et la composition de la chromite indiquent une similitude avec d'autres grandes intrusions stratiformes comme le Bushveld et le Stillwater. La source de l'intrusion est un magma primitif ayant une température suffisante de fusion pour dissoudre les ÉGP du manteau. La ségrégation des sulfures ne s'est pas effectuée en profondeur ce qui est confirmé par le rapport Cu/Pd généralement inférieur à celui du manteau. De nombreuses conditions favorables sont présentes dans le cas du Complexe de Menarik qui suggère un excellent potentiel pour le développement d'un gisement de chrome mais également pour les minéralisations en platinoïdes.

CHAPITRE VIII – CONCLUSION

La mise en œuvre de divers types de résultats (pétrographique, minéralogique et géochimique) a permis de caractériser le Complexe de Menarîk. Les diverses observations permettent de supporter les conclusions suivantes:

- La cartographie a permis de clarifier la nature des structures retrouvées dans le Complexe de Menarîk, soit des structures d'origine primaire et secondaire. La principale structure primaire observée est le litage compositionnel souligné, dans la ZU, par les horizons de chromitite et souligné, très localement dans la ZM par un litage compositionnel dans les gabbros. Les plis tectoniques et les failles fragiles tardives correspondent aux structures secondaires observées régionalement sur le terrain. D'autres structures magmatiques ont été observées. Par exemple, des structures de chenaux, des granoclassements, du fluage, la présence d'enclaves de dunitite dans les chromitites ou la présence de blocs de chromitites à silicate rythmique sont retrouvés dans les harzburgites et la présence de xénolites de tonalite au contact inférieur de l'intrusion. La présence de ces structures indique un milieu de déposition dynamique (courants magmatiques, déformation magmatique, compaction,...) plutôt qu'une simple déposition gravitationnelle des cristaux cumulats dans une chambre magmatique.
- À l'exception de la chromite et de quelques pyroxènes, la minéralogie primaire de l'intrusion est très peu préservée. Tous les minéraux primaires sont remplacés par la serpentine, la chlorite, la trémolite, le talc et des carbonates. Les roches ultramafiques, basés sur le calcul des minéraux normatifs et l'estimation modale en lame mince, sont essentiellement des dunitites, des harzburgites et des lherzolites caractérisées par des textures adcumulats à mésocumulats où l'olivine et l'orthopyroxène sont les cumulats. Le clinopyroxène est généralement une phase accessoire interstitielle. La chromite est généralement idiomorphe. La migration de l'aluminium de la

structure cristalline de celle-ci (transformation en ferritchromite) favorise le développement de la chlorite au détriment de la serpentine.

- Des horizons stratiformes de chromitite platinifère et des sulfures filoniens riches en ÉGP-Ni-Cu représentent les deux principaux types de minéralisations dans la ZU du CDM. Les minéralisations chromifères du CDM se présentent sous trois faciès distincts : 1) chromitite et chromitite à silicate en lits massifs de 30 cm à 1 m (> 50 % chromite) ; 2) lherzolite/harzburgite à chromite en banc homogène de 5-30 cm (< 50% chromite) ; 3) lherzolite/harzburgite en alternance rythmique de chromitite et/ou de lherzolite/harzburgite à chromite en lits \leq 3 cm. Dans le CDM, deux types de minéralisations en ÉGP ont été identifiés. Le premier est une minéralisation syngénétique en ÉGP. Il est caractérisé par la présence de minéraux du groupe du platine (MGP) en inclusion dans la chromite. Le second type de minéralisation est épigénétique. Il est constitué de MGP de basse température (assemblages Sb-Te-Bi-As) présents sous la forme de sulfures disséminés à massifs associés à des veinules de carbonate et de magnétite. La minéralisation en sulfures filoniens est spatialement associée à des failles tardives. Cette minéralisation tardive est également présente dans les nodules de silicates des chromitites.
- Malgré la grande variété des lithologies de la ZU du CDM (chromitite, dunité, harzburgite, lherzolite, webstérite à olivine, webstérite, orthopyroxénite), les données géochimiques indiquent un contrôle important de l'olivine et de la chromite lors de la différenciation du CDM. La présence de pseudomorphes, la géochimie et la norme ont permis d'effectuer une reconstitution de la minéralogie primaire des roches et ceci indépendamment de la qualité de la préservation des minéraux primaires des roches du CDM.
- Les travaux n'ont pas permis d'établir la stratigraphie de l'intrusion. Cependant, le CDM a été divisé en une Zone Mafique et une Zone Ultramafique. La Zone Ultramafique est subdivisée en trois parties: inférieure, intermédiaire et supérieure. La partie inférieure est

principalement constituée de dunites et de harzburgites avec des chromitites. La partie intermédiaire est constituée essentiellement de harzburgites, de dunites, de webstérites à olivine et de chromitites. La partie supérieure est constituée d'harzburgites, de lherzolites poecilitiques et de chromitites .

- Compte tenu de la dominance de la chromite et de l'olivine dans les roches du CDM, les différentes lithologies sont similaires au niveau compositionnel. Les spectres de TR sont sub-chondritiques et ce, malgré un léger enrichissement en TR légères. Par contre, certains spectres sont légèrement appauvris en TR légères. Les concentrations en ÉGP sont anormales dans la plupart des roches. Les spectres normalisés au manteau montrent systématiquement une anomalie négative du Pt par rapport au Pd. La majorité des spectres des roches silicatées ressemblent aux spectres de chromitites (moins enrichis en I-ÉGP) en raison de la grande proportion de chromites dans les roches silicatées.
- La pétrogenèse de cette intrusion implique un magma d'affinité très riche en magnésium (magma komatiitique ou picritique) qui s'est injecté dans les roches du Groupe de Yasinski et une tonalite des Intrusions de Duncan. La minéralisation en chrome et ÉGP est probablement le résultat d'un mélange de magma primitif avec un magma de même affinité différencié entraînant ainsi la formation des horizons de chromitites. Simultanément, le mélange de magma amène la saturation en S précipitant ainsi les ÉGP avec la chromite. Par la suite, un fluide de basse température aurait probablement remobilisé les assemblages platinifères primaires à proximité des roches ultramafiques riches en chromites. Cette remobilisation résulterait en la formation des différents assemblages de MGP de Sb-Te-Bi-As.
- Le Complexe de Menarik partage plusieurs caractéristiques avec d'autres intrusions stratiformes comme le Bushveld ou le Stillwater. Le magma est dominé par l'olivine et l'orthopyroxène. Par contre, l'influence de l'orthopyroxène n'est pas aussi importante dans le cas du CDM que dans le cas du Complexe de Bushveld ou du Stillwater où l'on retrouve des niveaux

de bronzite (orthopyroxénite). La composition de la chromite est similaire et les spectres de TR sont similaires malgré un enrichissement en TR légères moins prononcé suggérant une contamination beaucoup moins importante. Les TR dans les roches du Groupe I montrent de fortes similitudes avec les komatiites du Lac Guyer de la sous-province de La Grande.

- L'essentiel de la minéralisation du Complexe de Menarik est relié aux horizons de chromitites pour leur contenu en chrome. La minéralisation en ÉGP associée à ces horizons est également plus prometteuse que la minéralisation associée aux filonets de sulfures, et ce, malgré que les concentrations soient plus élevées dans les filonets. La minéralisation en ÉGP dans les filonets de sulfures est très discontinue.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abzalov, M.Z., 1998. Chrome-spinels in gabbro-wehrlite intrusions of the Pechanga area, Kola Peninsula, Russia: emphasis on alteration features. *Lithos*, 43, 109-134.
- Alapieti, T.T., Kujanpää, J., Lahtinen, J.J., Papunen, H., 1989. The Kemi stratiform chromitite deposit, Northern Finland. *Economic Geology*, 84, 1057-1077.
- Allard, P., 1995. Rapport de la campagne de forage et prospection 1994. GM 53928, Rapport statutaire déposé au Ministère des Ressources naturelles par Ressources minières Pro-Or, 48 pp.
- Amossé, J., Allibert, M., Fischer, W., Piboule, M., 1987. Étude de l'influence des fugacités d'oxygène et de soufre sur la différenciation des platinoïdes dans les magmas ultramafiques. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 304, Série II (19), 1183-1185.
- Amossé, J., Allibert, M., Fischer, W., Piboule, M., 1990. Experimental study of the solubility of platinum and iridium in basic silicate melts - Implications for the differentiation of platinum-group elements during magmatic processes. *Chemical Geology*, 81, 45-53.
- Amossé, J., Allibert, M., Ostrosi, B., Qoku, E., Lleshi, B., 1992. Comportement géochimique et minéralogie des éléments du groupe du platine (PGE) dans le gisement de Krasta (Albanie). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 315(2), 559-564.
- Amossé, J., Allibert, M., 1993. Partitioning of iridium and platinum between metals and silicate melts: evidence for passivation of the metals depending on fO_2 . *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 57 (2), 2395-2398.
- Ancey, M., Bastenaire, F., Tixier, R., 1979. Applications des méthodes statistiques en microanalyse, *Microanalyse microscopie électronique à balayage*. Dans : *Microanalyse microscopie électronique à balayage*, Édition de Physique, Orsay, 323-344.
- Arndt, N.T., 1986. Differentiation of komatiite flows. *Journal of Petrology*, 27 (2), 279-301.
- Arndt, N.T., Leshner, C.M., 1992. Fractionation of REEs by olivine and origin of Kambalda komatiites, Western Australia. *Geochimica et Cosmochemica Acta*, 56, 4191-4204.
- Baldwin, A.B., 1959. Report Project no 286-Yasinski Lake area, New Quebec. Main Exploration Company Ltd. GM 10200, Ministère des Ressources naturelles du Québec.

- Ballhaus, C.G., Stumpfl, E.F., 1986. Sulfide and platinum mineralization in the Merensky Reef: evidence from hydrous silicates and fluid intrusions. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 94, 193-204.
- Barnes, S.-J., Naldrett, A.J., Gorton, M.P., 1985. The origin of the fractionation of platinum-group elements in terrestrial magmas. *Chemical Geology*, 53, 303-323.
- Barnes, S.-J., Naldrett, A.J., 1985. Geochemistry of the J-M (Howland) Reef of the Stillwater Complex, Minneapolis Adit Area. I. Sulfide chemistry and sulfide-olivine equilibration. *Economic Geology*, 80, 627-645.
- Barnes, S.-J., Naldrett, A.J., 1986. Geochemistry of the J-M (Howland) Reef of the Stillwater Complex, Minneapolis Adit Area. I. Sulfide chemistry and sulfide-olivine equilibration - a reply. *Economic Geology*, 81, 203-206.
- Barnes, S.-J., Boyd, R., Korneliussen, A., Nilsson, L.-P., Often, M., Pederson, R.B., Robins, B., 1988. The use of mantle normalization and metal ratios in discriminating between the effects of partial melting, crystal fractionation and sulphide segregation on platinum-group elements, gold, nickel and copper: Examples from Norway. *Geo-platinum* 87, 113-143.
- Barnes, S.-J., Couture, J.-F., Poitras, A., Tremblay, C., 1993. Les éléments du groupe du platine dans la partie québécoise de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. ET 91-04, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 100 pp.
- Barnes, S.-J., Therrien, M.-C., 1996. Potentiel de la Province de Grenville pour des gîtes du groupe du platine. MB 96-03, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 100 pp.
- Barnes, S.J., 1998. Chromite in komatiites, I. Magmatic controls on crystallization and composition. *Journal of Petrology*, 39 (10), 1689-1720.
- Barnes, S.J., 2000. Chromite in komatiites, II. Modification during Greenschist to Mid-Amphibolite Facies Metamorphism. *Journal of Petrology*, 41 (3), 387-409.
- Barrie, T.C., 1996. Gîtes magmatiques d'éléments du groupe du platine Dans: Géologie des types de gîtes minéraux du Canada, # 8. Commission géologique du Canada, 674-684.
- Beeson, M.H., Jackson, E.D., 1969. Chemical composition of altered chromites from the Stillwater Complex, Montana. *The American Mineralogist*, 54, 1084-1100.
- Bevins, R.E., Robinson, D., Rowbotham, G., 1991. Compositional variations in mafic phyllosilicates from regional low-grade metabasites and application of the chlorite geothermometer. *Journal of Metamorphic Geology*, 9 (6), 711-721.

- Bédard, J.H., Hébert, R., 1996. The lower crust of the Bay of Islands ophiolite, Canada: Petrology, mineralogy, and the importance of syntexis in magmatic differentiation in ophiolites and at ocean ridges. *Journal of Geophysical Research*, 101 (B11), 25105-25124.
- Bédard, J.H., Hébert, R., 1998. Formation of chromitites by assimilation of crustal pyroxenites and gabbros into peridotite intrusions: North Arm Mountain massif, Bay of Islands ophiolite, Newfoundland, Canada. *Journal of Geophysical Research*, 103 (B3), 5165-5184.
- Bliss, N.W., MacLean, W.H., 1975. The paragenesis of zoned chromite from central Manitoba. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39, 973-990.
- Borduas, B., 1979. Recherche de nickel en d'amiante dans la région du lac Sakami. Rapport interne de la SDBJ, Société de Développement de la Baie James.
- Boudreau, A.E., Mathez, E.A., McCallum, I.S., 1986. Halogen geochemistry of the Stillwater and Bushveld Complexes: Evidence for transport of the platinum-group elements by Cl-rich fluids. *Journal of Petrology*, 27 (4), 967-986.
- Bowen, N.L., 1928. The evolution of igneous rocks. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 332 pp.
- Burkhard, D.J.M., 1993. Accessory chromium spinels: Their coexistence and alteration in serpentinites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 1297-1306.
- Cabri, L.J., Laflamme, J.H.G., 1976. The mineralogy of the platinum-group elements from some copper-nickel deposits of the Sudbury area, Ontario. *Economic Geology*, 71, 1159-1195.
- Cabri, L.J., Harris, D.C., Nöbling, R., 1984. Trace silver analyses by proton microprobe in ore evaluation. In: V. Kudryk, Corrigan, D.A., Lang, W.W., (Editor), *Precious Metals: Mining, Extraction and Processing*, Los Angeles, 93-100.
- Cameron, E.N., Emerson, M.E., 1959. The origin of certain chromite deposits in the eastern part of the Bushveld Complex. *Economic Geology*, 54, 1151-1213.
- Cameron, E.N., Desborough, G.A., 1969. Occurrence and characteristics of chromite deposits - Eastern Bushveld Complex. *Economic Geology*, Monograph 4, 23-40.
- Cameron, E.N., 1977. Chromite in the central sector of the Eastern Bushveld Complex, South Africa. *The American Mineralogist*, 62, 1082-1096.
- Cameron, E.N., 1980. Evolution of the lower critical zone, central sector, Eastern Bushveld Complex, and its chromite deposits. *Economic Geology*, 75, 845-871.

- Campbell, I.H., Naldrett, A.J., Barnes, S.J., 1983. A model for the origin of the platinum-rich sulfide horizons in the Bushveld and Stillwater Complexes. *Journal of Petrology*, 24 (2), 133-165.
- Campbell, I.H., Murck, B.W., 1993. Petrology of the G and H chromitite zones in the mountain view area of the Stillwater Complex, Montana. *Journal of Petrology*, 34 (Part 2), 291-316.
- Cantin, N., 1988. L'étude pétrographique des serpentines dans les roches ultramafiques du Complexe Ophiolitique de Thetford Mines. Projet de fin d'étude (non-publié), Université Laval, Ste-Foy.
- Cathelineau, M., Nieva, D., 1985. A chlorite solid solution geothermometer: the Los Azufres (Mexico) geothermal system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 91, 235-244.
- Chartrand, F., Gauthier, M., 1995. Cadre géologique et potentiel minéral des roches archéennes du bassin de La Grande Rivière, Baie James. Pro-95-06, Ministère des Ressources naturelles, 8 pp.
- Crocket, J.H., Teruta, Y., 1976. The relative importance of sulphides, spinels, and platinoid minerals as carriers of Pt, Pd, Ir and Au in Merensky Reef at Western Platinum Limited, near Marikana, South Africa. *Economic Geology*, 71, 1308-1323.
- Crocket, J.H., 1981. Geochemistry of the platinum group elements. In: Cabri, L.J. (Editor), *Platinum group elements: Mineralogy, geology, recovery*: Canadian Institution of Mining and Metallurgy, Special Volume 23, 47-64.
- Daltry, V.D.C., Wilson, A.H., 1997. Review of platinum-group mineralogy: compositions and elemental associations of the PG-minerals and unidentified PGE-phases. *Mineralogy and Petrology*, 60, 185-229.
- DeBari, S., M., Coleman, R.G., 1989. Examination of the deep levels of an Island arc: evidence from the Tonsina ultramafic-mafic assemblage, Tonsina, Alaska. *Journal of Geophysical Research*, 94 (84), 4373-4391.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1992. *An introduction to the rock-forming minerals*. Longman, Hong Kong, 696 pp.
- Dick, H.J.B., Bullen, T., 1984. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 88, 54-76.
- Dickey, J.S., Jr, 1975. A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 39, 1061-1074.

- Duke, J.M., 1986. Gisements de chromites dans les roches mafiques et ultramafiques. Dans : Types de gisements minéraux au Canada : un bref exposé géologique, Commission géologique du Canada, Vol 36, Ottawa, 43-45.
- Duke, J.M., 1988. Magmatic segregation deposits of chromite. In: Geoscience Canada, Vol 14, Ottawa, 155-166.
- Duke, J.M., 1996a. Gîtes de chromite dans les roches mafiques et ultramafiques. Dans: Géologie des types de gîtes minéraux du Canada, # 8. Commission géologique du Canada, Ottawa, 685-686.
- Duke, J.M., 1996b. Gîtes stratiformes de chromite. Dans: Géologie des types de gîtes minéraux du Canada, # 8, Ottawa, Commission géologique du Canada, 687-691.
- Duke, J.M., 1996c. Gîtes podiformes de chromite. Dans: Géologie des types de gîtes minéraux du Canada, # 8, Ottawa, Commission géologique du Canada, 692-696.
- Dungan, M.A., 1979. A microprobe study of antigorite and some serpentine pseudomorphs. *The Canadian Mineralogist*, 17, 771-784.
- Eade, K.E., Heywood, W.W., Lee, H.A., 1957. Sakami Lake area, New Quebec. Geological Survey of Canada, Map 23-1957.
- Eade, K.E., 1966. Fort George River and Kaniapiskau River (west half) map-areas, New Québec. memoir 339, Geological Survey of Canada, Memoir 339, 84 pp.
- Eales, H.V., Cawthorn, R.G., 1996. The Bushveld Complex. In: R.G.E. Cawthorn (Editor), *Layered Intrusions. Developments in Petrology*. Elsevier, Amsterdam, 181-229.
- Ernst, R.E., Buchan, K.L., Goutier, J., Leclair, A., Lamothe, D., 1998. Reconnaissance paleomagnetic study of diabase dykes of James Bay and Ashuanipi regions of Quebec. Programme et résumé, Réunion conjointe: Association Géologique du Canada , Association Minéralogique du Canada, Association Professionnelle des Géologues et Géophysiciens du Québec, Association Internationale des Hydrogéologues et Union Géophysique Canadienne, Vol 23, A-53.
- Evans, B.W., Frost, B.R., 1975. Chrome-spinel in progressive metamorphisme - preliminary analysis. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39: 959-972.
- Evans, A.M., 1993. *Ore geology and industrial minerals : An introduction*. Blackwell Science Ltd, Cambridge, Massachusetts, 389 pp.

- Farrow, C.E.G., Watkinson, D.H., 1997. Diversity of precious-metal mineralization in footwall Cu-Ni-PGE deposits, Sudbury, Ontario; implications for hydrothermal models of formation. *The Canadian Mineralogist*, 35, 817-839.
- Fleischer, M., 1955. Minor elements in some sulfide minerals. *Economic Geology*, 50th Anniversary Vol., 971-1024.
- Frisch, T., 1971. Alteration of chrome spinel in a dunite nodule from Lanzarote, Canary Islands. *Lithos*, 4, 83-91.
- Gait, R.J., 1964. The mineralogy of chrome spinels of the Bird River Sill, Manitoba. Unpublished M.Sc thesis, University of Manitoba, 64 pp.
- Gauthier, M., Chartrand, F., Larocque, M., 1996. Géologie de la région du lac Sakami (SNRC 33F), Territoire de la Baie James. MB 96-13, Ministère des Ressources naturelles du Québec, carte.
- Gauthier, M., Larocque, M., Chartrand, F., 1997. Cadre géologique, style et répartition des minéralisations métalliques du bassin de La Grande Rivière, Territoire de la Baie James. MB 97-30, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 65 pp.
- Gévry, P., 1997a. (16 juillet 1997). Pro-Or: Importante campagne d'exploration et de forages à la Baie-James. [Http://www.pro-or.com](http://www.pro-or.com).
- Gévry, P., 1997b. (25 août 1997). Prospection fructueuse à la Baie-James. [Http://www.pro-or.com](http://www.pro-or.com).
- Gévry, P., 1997c. (6 octobre 1997). Début des sondages à la Baie-James. [Http://www.pro-or.com](http://www.pro-or.com).
- Gévry, P., 1998a. (22 décembre 1998). Mise à jour des activités dans Pro-Or. [Http://www.pro-or.com](http://www.pro-or.com).
- Gévry, P., 1998b. (22 octobre 1998). Mise à jour des activités dans Pro-Or. [Http://www.pro-or.com](http://www.pro-or.com).
- Gévry, P., 1998c. (25 février 1998). Pro-Or: Campagne de forages fructueuse pour Pro-Or à la Baie-James. [Http://www.pro-or.com](http://www.pro-or.com).
- Gévry, P., 1999 (6 septembre 1999). Mise à jour des activités dans Pro-Or. [Http://www.pro-or.com](http://www.pro-or.com).
- Goldstein, J.I., Newbury, D.E., Echlin, P., Joy, D.C., Fiory, C., Lifshin, E., 1981. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis; a text for biologists, material scientists, and geologists. Plenum Press, New York, 673 pp.

- Golightly, J.P., Arancibia, O. N., 1979. The chemical composition and infrared spectrum of nickel- and iron-substituted serpentine from a nickeliferous laterite profile, Soroako, Indonesia. In: Wicks, F. J. (Editor), *Serpentine mineralogy, petrology and paragenesis*. The Canadian Mineralogist, 17 (Part 4), 719-728.
- Gonthier, M., 1990. Propriété du lac Menarik: géologie et prospection, campagne 1990. GM 50363, Rapport statutaire déposé au Ministère des Ressources naturelles du Québec par Ressources minières Pro-Or, 48 pp.
- Goutier, J., Doucet, P., Beasoleil, C., Chalifour, S., Houlé, M., 1998a. Lac Kowskatehkamow (33F/06). Ministère des Ressources naturelles du Québec, carte SIGÉOM.
- Goutier, J., Doucet, P., Dion, C., Beasoleil, C., David, J., Parent, M., Dion, D.-J., 1998b. Géologie de la région du lac Kowskatehkamow (SNRC 33F/06). RG 98-16, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 48 pp.
- Goutier, J., Doucet, P., Dion, C., Beasoleil, C., Dion, D.-J., 1998c. Géologie de la région du lac Esprit (SNRC 33F/05). RG 98-09, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 39 pp.
- Goutier, J., Dion, C., David, J., Dion, D.-J., 1999a. Géologie de la région de la passe Chimusumini et du lac Vion (SNRC 33F/11 et 33F/12). RG 98-17, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 41 pp.
- Goutier, J., Dion, C., Lafrance, I., David, J., Parent, M., Dion, D.-J., 1999b. Géologie de la région des lacs Langelier et Threefold (SNRC 33F/03 et 33F/04). RG 98-18, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 52 pp.
- Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M.-C., David, J., Parent, M., 2000. Géologie de la région des lacs Guillaumat et Sakami (SNRC 33F/02 et 33F/07). RG 99-15, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 37 pp.
- Govindaraju, K., 1994. 1994 compilation of working values and sample description for 383 geostandards. *Geostandards Newsletter*, 18, special issue, 158.
- Greenbaum, D., 1977. The chromitiferous rocks of the Troodos Ophiolite Complex, Cyprus. *Economic Geology*, 72 (7), 1175-1194.
- Gueddari, K., 1996. Approche géochimique et physico-chimique de la différenciation des éléments du groupe du platine (PGE) et de l'or dans le manteau supérieur Betico-Riftain et dans les xénolites de péridotites sous-contininentales, These de doctorat (non-publiée), Université Joseph-Fournier-Grenoble I, Grenoble, 305 pp.

- Gueddari, K., LaFlèche, M.R., Amossé, J., 1998. Extraction chimique des éléments du groupe du platine et de l'or et détermination de leurs teneurs par spectrométrie de masse à émission de plasma. Recherches en cours 1998-D, Commission géologique du Canada, 59-64.
- Harris, D.C., Cabri, L.J., Nobiling, R., 1984. Silver-bearing chalcopyrite, a principal source of silver in the Izok Lake massive sulfide deposit: confirmation by electron-and proton-microprobe analyses. *The Canadian Mineralogist*, 22, 493-498.
- Hawley, J.E., Nichol, I., 1961. Trace elements in pyrite, pyrrhotite and chalcopyrite of different ores. *Economic Geology*, 56, 467-487.
- Hey, M.H., 1954. A new review of the chlorites. *Mineralogical Magazine*, 30, 227-292.
- Hébert, R., Serri, G., Hekinian, R., 1989. Mineral chemistry of ultramafic tectonites and ultramafic to gabbroic cumulates from the major oceanic basins and northern Apennine ophiolites (Italy);. *Chemical Geology*, 77 (3-4), 183-207.
- Hébert, R., Adamson, A.C., Komor, S.C., 1990. Metamorphic petrology of ODP LEG 109, Hole 670A serpentinized peridotites: serpentinization processes at a slow spreading ridge environment. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 106/109, 103-115.
- Hill, R.R., P., 1974. The crystallization of spinel from basaltic liquid as function of oxygen fugacity. *Journal of Geology*, 82, 709-730.
- Hoatson, D.M., Keays, R.R., 1989. Formation of platiniferous sulfide horizons by crystal fractionation and magma mixing in the Munni Munni Layered Intrusion, West Pilbara Block, Western Australia. *Economic Geology*, 84, 1775-1804.
- Hoffman, M.A., Walker, D., 1978. Textural and chemical variations of olivine and chrome spinel in the East Dover ultramafic bodies, south-central Vermont. *Geological Society of America Bulletin*, 89, 699-710.
- Irvine, T.N., 1965. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part I. Theory. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 2, 648-672.
- Irvine, T.N., 1967. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part II. Petrologic applications. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 4, 71-103.
- Irvine, T.N., Smith, C.H., 1969. Primary oxide minerals in the layered series of the Muskox Intrusion. *Economic Geology, Monograph* 4, 76-94.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8 (5), 523-548.

- Irvine, T.N., 1975. Crystallization sequences of the Muskox intrusion and other layered intrusions - II. Origin of chromitite layers and similar deposits of other magmatic ores. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 39, 991- 1020.
- Irvine, T.N., 1977. Origin of chromitite layers in the Muskox intrusion and other stratiform intrusions: A new interpretation. *Geology*, 5, 273-277.
- Irvine, T.N., 1982. Terminology for layered intrusions. *Journal of Petrology*, 23 (2), 127-162.
- Irvine, T.N., Keinath, D.W., Todd, S.G., 1983. The J-M platinum palladium reef of the Stillwater Complex, Montana: II. Origin by double-diffusive convective magma mixing and implications for the Bushveld Complex. *Economic Geology*, 78, 1287-1334.
- Irvine, T.N., Sharpe, M.R., 1986. Magma mixing and the origin of stratiform oxide ore zones in the Bushveld and Stillwater Complexes. In : Gallagher, M.J., Ixer, R.A., Neary, C.R., and Pritchard, H.M. (Editors), *Metallogeny of basic and ultrabasic rocks*. Institute of Mining and Metallurgy, London, 183-198.
- Jackson, E.D., 1969. Chemical variation in coexisting chromite and olivine chromitite zones of Stillwater Complex. *Economic Geology, Monograph 4*, 41-71.
- Jackson, S.E., Fryer, B.J., Gosse, W., Healy, D.C., Longerich, H.P., Strong, D.F., 1990. Determination of the precious metals in geological materials by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) with nickel sulphide fire-assay collection and tellurium coprecipitation. *Chemical Geology*, 83, 119-132.
- Jaques, A., L., 1981. Petrology and petrogenesis of cumulate peridotites and gabbros from Marum Ophiolite Complex, Northern Papua New Guinea. *Journal of Petrology*, 22 (1), 1-40.
- Jarvis, I., Jarvis, K.E. and Hall, G.E.M., 1992. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry in exploration geochemistry. Special issue; *Geoanalysis. Journal of Geochemical Exploration*, 44 (1-3), 139-200.
- Jenner, G.A., 1996. Trace element geochemistry of igneous rocks: geochemical nomenclature and analytical geochemistry. In: Wyman, D.A. (Editor) *Trace element geochemistry of volcanic rocks: Applications for massive sulphide exploration*. Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 51-77.
- Jensen, L.S., 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Geological Survey; Miscellaneous, Paper 66.

- Keays, R.R., 1982. Palladium and iridium in komatiites and associated rocks : application to petrogenetic problems. In : Arndt, N.T. and Nisbet, E.G. (Editors), Komatiites, George Allen & Unwin, London, 435-457.
- Keays, R.R., Nickel, E.H., Groves, D.I., McGoldrick, P.J., 1982. Precious metals in volcanic peridotite-associated nickel sulfide deposits in Western Australia. Part II: Distribution within the ores and host rocks at Kambalda. *Economic Geology*, 76, 1645-1674.
- Keays, R.R., 1995. The role of komatiitic and picritic magmatism and S-saturation in the formation of ore deposits. *Lithos*, 34, 1-18.
- Keays, R.R., 2000. Magmatic Ore-Forming Processes III. In : Exploration for Magmatic Ore Deposits (GEOL 5606). Courses notes, Departments of Earth Sciences, Laurentian University and University of Western Ontario.
- Keith, L.H., Crummett, W., Deegan, J., Jr., Libby, R.A., Taylor, J.K., Wentler, G., 1983. Principles of environmental analysis. *Analytical Chemistry*, 55, 2210-2216.
- Kimball, K.L., 1990. Effects of hydrothermal alteration on the compositions of chromian spinels. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 105, 337-346.
- Kruger, F.J., Marsh, J.S., 1982. Significance of Sr87/Sr86 ratios in the Merensky cyclic unit of the Bushveld complex. *Nature*, 298, 53-55.
- LaFlèche, M.R., Moorhead, J., Goutier, J., Fallara, F., 2000. Géochimie des roches volcaniques et des formations de fer du Groupe de Yasinski, sous-province de La Grande. MB 200-13, Ministère des Ressources naturelles du Québec, 76 pp.
- Lago, B.L., Rabinowicz, M., Nicolas, A., 1982. Podiform chromite ore bodies: a genetic model. *Journal of Petrology*, 23 (1), 103-125.
- Lambert, D.D., Simmons, E.C., 1992. Magma evolution in the Stillwater Complex, Montana: II. Rare earth evidence for the formation of the J-M Reef. *Economic Geology*, 83, 1109-1126.
- Leake, B., E., 1978. Nomenclature of amphiboles. *The Canadian Mineralogist*, 16 (4), 501-520.
- Leblanc, M., Ceuleneer, G., 1992. Chromite crystallization in a multicellular magma flow: evidence from chromitite dike in the Oman ophiolite. *Lithos*, 27, 231-257.
- Leblanc, M., Nicolas, A., 1992. Les chromitites ophiolitiques. *Chronique de recherche minière*, no 507, 3-25.

- Lüpo, J.P., Vuollo, J.I., Nykänen, V.M., Piirainen, T.A., 1995. Zoned Zn-rich chromite from the Näätäniemi Serpentinite Massif, Kuhmo greenstones belt, Finland. *The Canadian Mineralogist*, 33, 537-545.
- Lindsley, D., H., 1983. Pyroxene thermometry. *American Mineralogist*, 68, 477-493.
- Loferski, P.J., Lipin, B.R., 1983. Exsolution in metamorphosed chromite from Red Lodge district, Montana. *American Mineralogist*, 68, 777-789.
- Long, G.L., Winefordner, J.D., 1983. Limit of detection: a closer look at the IUPAC definition. *Analytical Chemistry*, 55, 712A-724A.
- Macdonald, A.J., 1988. The platinum group element deposits: classification and genesis. In: *Ore Deposit Models*. Geoscience Canada, 14, 155-166.
- Maier, W.D., Barnes, S.-J., De Klerk, W.J., Teigler, B., Mitchell, A.A., 1996. Cu/Pd and Cu/Pt of silicate rocks in the Bushveld Complex: implications for platinum-group element exploration. *Economic Geology*, 91, 1151-1158.
- Maier, W.D., Barnes, S.-J., de Waal, S.A., 1998. Exploration for magmatic Ni-Cu-PGE sulphide deposits: a review of recent advances in the use geochemical tools, and their application to some South African ores. *South African Journal of Geology*, 101 (3), 237-253.
- Maier, W.D., Barnes, S.-J., 1998. Concentrations of rare earth elements in silicate rocks of the Lower, Critical and Main Zones of the Bushveld Complex. *Chemical Geology*, 150, 85-103.
- Marchand, P., 1982. Campagne d'exploration 1981. Rapport interne de la SDBJ, Société de Développement de la Baie James.
- Marcotte, R., 1980. Gîtes et indices de chromite au Québec. DPV-724, Ministère de l'Énergie et Ressources du Québec, 58 pp.
- Mathez, E.A., 1976. Sulfur solubility and magmatic sulfides in submarine basaltic glass. *Journal of Geophysical Research*, 81, 4269-4276.
- Mathez, E.A., 1989. Interactions involving fluids in the Stillwater and Bushveld complexes: Observations from the rocks In: Whitney, J.A. and Naldrett, A.J. (Editor), *Ore deposition associated with magmas*, 4. *Reviews in Economic Geology*, 167-179.
- Mathez, E.A., 1999. On factors controlling the concentrations of platinum group elements in layered intrusions and chromitites. In: Keaks, R.R., Leshar, C.M., Lightfoot, P.C., Farrow, C.E.G. (Editors), *Dynamic processes in magmatic ore deposits and their application in mineral exploration*. Geological Association of Canada, Short Course, Volume 13, 251-285.

- McCallum, I.S., 1996. The Stillwater Complex. In: R.G.E. Cawthorn (Editor), Layered Intrusions. Developments in Petrology. Elsevier, Amsterdam, 441-483.
- McDonough, W.F., Sun, S.-s., 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120, 223-253.
- Meurer, W.P., Willmore, C.C., Boudreau, A.E., 1999. Metal redistribution during fluid exsolution and migration in the Middle Banded series of the Stillwater Complex, Montana. *Lithos*, 47, 143-156.
- Mihalik, P., Saager, R., 1968. Chromite grains showing altered borders from the basal reef, Witwatersrand system. *The American Mineralogist*, 1543-1550.
- Morimoto, N., 1988. Nomenclature of pyroxenes. *Mineralogical Magazine*, 52, 535-550.
- Mortensen, J.K., Ciesielski, A., 1987. U-Pb zircon and sphene geochronology of Archean plutonic and orthogneissic rocks of the James Bay region and Bienville Domain, Quebec. In: Radiogenic Age and Isotopic Studies. Report 1, Paper 87-2, Geological Survey of Canada, 129-134.
- Naldrett, A.J., 1976. Ultramafic and related rocks: Their classification and genesis with special reference to the concentration of nickel sulfides and platinum-group elements. *Economic Geology*, 71, 1131-1158.
- Naldrett, A.J., Duke, J.M., 1980. Platinum metals in magmatic sulfide ores. *Science*, 208, # 4451, 1417-1424.
- Naldrett, A.J., 1981. Pt group element deposits. In: Cabri, L.C. (Editors) Platinum group elements: mineralogy, geology, geochemistry: Canadian Institute Mining and Metallurgy, Special Volume 23, 197-232.
- Naldrett, A.J., 1989. Magmatic sulfide deposits. Oxford University Press, Oxford, New York, 196 pp.
- Naldrett, A.J., Brügmann, G.E., Wilson, A.H., 1990. Models for the concentration of PGE in layered intrusions. *The Canadian Mineralogist*, 28, 389-408.
- Naldrett, A.J., 1993. Models for the formation of strata-bound concentrations of platinum-group elements in layered intrusions. In: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Duke, J.M. (Editor), Mineral Deposit Modeling. Geological Association of Canada, 373-387.
- Naslund, H.R., McBirney, A.R., 1996. Mechanisms of formation of igneous layering. In: R.G.E. Cawthorn (Editor), Layered Intrusions. Developments in Petrology. Elsevier, Amsterdam, 1-43.

- Nesbitt, R.W., Sun, S.S., Purvis, A.C., 1979. Komatiites; geochemistry and genesis nickel-sulfide and platinum-group-element deposits. Mineralogical Association of Canada nickel sulfide field conference, 17 (Part 2), 165-186.
- Nielsen, R.L., 1991. CHAOS 5 (Fortran) program to model petrologic processes. Oceanogr., Oregon State University, Corvallis, Oregon.
- Niu, Y., Waggoner, D.G., Sinton, J.M., Mahoney, J.J., 1996. Mantle source heterogeneity and melting processes beneath seafloor spreading centers : The East Pacific Rise, 18°-19° S. *Journal of Geophysical Research*, 101 (12), 27,711-27,733.
- Niu, Y., Batiza, R., 1997. Trace element evidence from seamounts for recycled oceanic crust in the Eastern Pacific mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 148, 471-483.
- Oguri, K., Shimoda, G., Tatsumi, Y., 1999. Quantitative determination of gold and the platinum-group elements in geological samples using improved NiS fire-assay and tellurium coprecipitation with inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). *Chemical Geology*, 157, 189-197.
- Ohnenstetter, M., Ohnenstetter, D., Johan, Z., Fontaine, C., 1994. Où sont les minéralisations des intrusions mafiques-ultramafiques? *Géochronique*, 49, 21-24.
- Onyeagocha, A.C., 1974. Alteration of chromite from the Twin Sisters Dunite, Washington. *The American Mineralogist*, 59, 608-612.
- Oshin, I.O., Crocket, J.H., 1982. Noble metals in Thetford mines ophiolites, Québec, Canada; Part I: distribution of gold, iridium, platinum and palladium in the ultramafic and gabbroic rocks. *Economic Geology*, 77, 1556-1570.
- Pagé, P. (en préparation). Étude comparative de la géochimie des ÉGP dans les roches mafiques et ultramafiques : Exemple du Massif de North Arm Mountain, Complexe Ophiolitique de Bay of Island, Terre-Neuve, et de la Faille Transformante Garrett, Sud de l'Océan Pacifique. Mémoire M.Sc., Université Laval, Ste-Foy.
- Pelletier, Y., Folco, P., 1989. Rapport d'une campagne de sondage au diamant avec 18 journaux des trous MK-88-01 à MK-88-18, propriété du lac Menarik. GM 48862, Rapport statutaire déposé au Ministère des Ressources naturelles du Québec par Ressources minières Pro-Or, 216 pp.
- Pelletier, Y., 1989. Rapport d'un levé géologique et d'une évaluation du potentiel chromifère, propriété du lac Menarik. GM 49676, Rapport statutaire déposé au Ministère des Ressources naturelles du Québec par Ressources minières Pro-Or, 73 pp.

- Pelletier, Y., Folco, P., 1990. Rapport d'une campagne de sondage au diamant avec 21 journaux des trous MK-89-1 à 21, propriété du lac Menarik. GM 49677, Rapport statutaire déposé au Ministère des Ressources naturelles du Québec par Ressources minières Pro-Or, 170 pp.
- Pelletier, Y., 1995. Cartographie géologique 1986-1994. Projet Menarik, Canton 21-14, Québec. Ressources minières Pro-Or. Carte géologique.
- Peltonen, P., 1995. Crystallization and re-equilibration of zoned chromite in ultramafic cumulates, Vammala Ni-Belt, Southwestern Finland. *The Canadian Mineralogist*, 33, 521-535.
- Perring, R.J., Vogt, J.H., 1991. The Panton Sill. In: Barnes, S.J., Hill, R.E.T. (Editors), *Guidebook for the post-symposium field excursion*, Geological Society of Australia, 97-105.
- Perring, R.J., Vogt, J.H., 1991. Panton Sill annual report. P90-12 (V1), Pancontinental Mining Limited, Degussa Explorations GMBH, Perth, Western Australia, 17 pp.
- Perring, C.S. et al., 1996. Geochemistry of komatiites from Forresteria, Southern Cross Province, Western Australia; evidence for crustal contamination mafic magmatism through time. *Symposium on Evolution of mafic magmatism through time*, 37 (2-3), 181-197.
- Potts, P.J., 1987. *A handbook of silicate rock analysis*. Chapman and Hall, London, 622 pp.
- Riley, J.C., 1975. Report on prospecting of anomalies in the Yasinski area. Rapport interne, S.E.S.
- Rivard, B., Francis, D., 1984. Preliminary models for basalt evolution in the LaGrande Greenstone Belt. *Canadian Institute Metallurgy, CIM Special*, 34, 48-56.
- Rivard, B., 1985. Petrochemistry of layered archaean magma chamber and relation to models of basalt evolution, McGill University, Montreal, 73 pp.
- Roeder, P.L., Campbell, I.H., Jamieson, H.E., 1979. Re-evaluation of the olivine-spinel geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 68, 325-334.
- Roeder, P.L., Campbell, I.H., 1985. The effect of postcumulus reactions on composition of chrome-spinels from Jimberlana Intrusion. *Journal of Petrology*, 26 (3), 763-786.
- Rollinson, H.R., 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific & Technical. John Wiley & Sons, Inc., New York, 352pp.

- Sack, R.O., Ghiorso, M.S., 1991. Chromian spinels as petrogenetic indicators: thermodynamics and petrological applications. *American Mineralogist*, 76, 827-847.
- Sanschagrin, Y., Pelletier, Y., 1989. Cartographie géologique, prospection et levé géochimique, propriété du lac Menarik. GM 49054, Rapport statutaire déposé au Ministère des Ressources naturelles du Québec par Ressources minières Pro-Or, 64 pp.
- Sauvé, P., 1982. Étude pétrographique des lames minces de Menarik. Rapport interne de la SDBJ, Société de Développement de la Baie James.
- Schiffries, C.M., 1982. The petrogenesis of a platiniferous dunite pipe in the Bushveld Complex: infiltration metasomatism by a chloride solution. *Economic Geology*, 77, 1439-1453.
- Sharma, K.N.M., 1977. Région de La Grande Rivière. RG-184, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, 75 pp.
- Sharma, K.N.M., 1977. La Grande Rivière area (projet 1976 project). DPV-493, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, 18 pp.
- Sharma, K.N.M., 1977. La Grande Rivière area (projet 1977 project). DPV-558, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, 32 pp.
- Sharpe, M.R., 1985. Strontium isotopic evidence for preserved density stratification from the main zone of the Bushveld Complex, South Africa. *Nature*, 316, 119-126.
- Skulski, T., Hynes, A., Francis, D., 1985. Continental rifting in the Archean La Grande greenstone belt, Quebec. Program with Abstracts, Vol 10, A57.
- Spangenberg, K., 1943. Die chromitlagerstätte von Tampedal in Zobten. *Z. Prakt. Geol.*, 51, 13-35.
- Stamatelopoulou-Seymour, K., Francis, D. and Ludden, J., 1983. The petrogenesis of Lac Guyer komatiites and basalts and the nature of the komatiite-komatiitic basalt compositional gap. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 84 (1), 6-14.
- Stockman, H.W., Hlava, P.F., 1984. Platinum-group minerals in alpine chromitites from southwestern Oregon. *Economic Geology*, 79, 491-508.
- Stone, W.E., Fleet, M.E., 1990. Platinum-iron alloy (Pt₃Fe) in kimberlite from Fayette County, Pennsylvania. *The American Mineralogist*, 75, 881-885.
- Stowe, C.W.E., 1987. Evolution of chromium ore fields. Hutchinson Ross Publ. Van Nostrand Reinhold, New York, 340 pp.

- Stowe, C.W., 1994. Compositions and tectonic settings of chromite deposits through time. *Economic Geology*, 89, 528-546.
- Streckeisen, A.L., 1976. To each plutonic rock it's proper name. *Earth Science Review*, 12, 1-33.
- Stumpfl, E.F., Rucklidge, J.C., 1982. The platiniferous dunite pipes of the Eastern Bushveld. *Economic Geology*, 77, 1419-1431.
- Sun, S.S., 1982. Chemical composition and origin of earth's primitive mantle. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, 46, 179-192.
- Sun, S.-S., 1982. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 46 (2), 179-192.
- Thayer, T.P., 1960. Some critical differences between alpine-type and stratiform peridotite-gabbros complexes, 21st International. Geo Congress, Copenhagen, 247-259.
- Thayer, T.P., 1969. Gravity differentiation and magmatic re-emplacment of podiform chromite deposits. *Economic Geology*, Monograph 4, 132-146.
- Todd, S.G., Keith, D.W., LeRoy, L.W., Shissel, D.J., Mann, E.L., Irvine, T.N., 1992. The J-M Pt-Pd reef of the Stillwater Complex, Montana: I. Stratigraphy and petrology. *Economic Geology*, 77, 1454-1480.
- Turcotte, B., 1999. Métamorphisme et hydrothermalisme dans le massif ophiolitique du Mont Chagnon, Québec, Canada, Université Laval, Ste-Foy, non publiée, 204 pp.
- Ulmer, G.C., 1969. Experimental investigations of chromite spinels. *Economic Geology*, Monograph 4, 114-131.
- Ulmer, G.C., 1974. Alteration of chromite during serpentinization in the Pennsylvania-Maryland District. *The American Mineralogist*, 59, 1236-1241.
- Varvalvy, V., 2000. Interactions magma-manteau dans les péridotites du massif de North Arm Mountain, Complexe Ophiolitique de Bay of Islands, Terre-Neuve, Canada: implications sur la genèse des magmas en contexte de subduction. Thèse Ph.D., Université Laval, Ste-Foy, non publiée, 234 pp.
- Viereck, L.G., Floer, M.F.J., Hertgen, J., Schincke, H.V., Jenner, G.A., 1989. The genesis and significance of N-MORB sub-types. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 102, 112-126.
- Vogel, D.C., Keays, K.K., James, R.S., Reeves, S.J., 1999. The geochemistry and petrogenesis of the Agnew Intrusion, Canada: a product of S-undersaturated, high-Al and low-Ti tholeiitic magmas. *Journal of Petrology*, 40 (3), 423-450.

- Von Gruenewaldt, G. and Naldrett, A.J.e., 1979. A review of some recent concepts of the Bushveld Complex, with particular reference to sulfide mineralization Nickel sulfide and platinum group element deposits. Mineralogical Association of Canada Nickel Sulfide Field Conference, 17, Part 2, 233-256.
- Wager, L.R., 1960. Types of igneous cumulates. *Journal of Petrology*, 1, 73-85.
- Watkinson, D.H., Ohnenstetter, D., 1992. Hydrothermal origin of platinum-group mineralization in the Two Duck Lake Intrusion, Coldwell Complex, Northwestern Ontario. *The Canadian Mineralogist*, 30, 121-136.
- Whitney, A.J., Naldrett, A.J. (Editors), 1989. Ore deposition associated with magmas, 4. *Reviews in Economic Geology*, 248 pp.
- Whittaker, P.J., Watkinson, David H., 1986. Origin of chromite in dunitic layers of the Mt. Sydney-Williams ultramafic rock complex, British Columbia. In : Gallagher, M. J., Ixer, R. A., Neary, C. R., Prichard, H. M. (Editors), *Metallogeny of basic and ultrabasic rocks*, 217-228.
- Wicks, 1979. Electron-microprobe and X-ray microbeam studies of serpentine textures. In: Wicks, F. J. (editor), *Serpentine mineralogy, petrology and paragenesis*,. *The The Canadian Mineralogist*, 17 (Part 4), 785-830.
- Wilhelmy, J.-F., Lacoste, P., 1990. Caractérisation de minerais de chromite: projet Menarik. Rapport interne, Ressources minières Pro-Or, Projet: 89-PM-41, Centre de Recherches Minérales (Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec), XX pp.
- Williams, D., 1965. Mountain Lake Chromite deposits Mitassini Territory Quebec, Université Laval, Ste-Foy, 37 pp.
- Wilson, A.H., 1996. The Great Dyke of Zimbabwe. In: R.G.E. Cawthorn (Editor), *Layered Intrusions. Developments in Petrology*. Elsevier, Amsterdam, 365-402.
- Worst, B.G., 1958. The differentiation and structure of the Great Dyke of Southern Rhodesia. *Geological Society of South Africa, Transactions and Proceedings*, 61, 283-358.
- Zhou, M.-F., Robinson, P.T., Malpas, J., Li, A.Z., 1996. Podiform chromitites in the Luobusa Ophiolite (Southern Tibet): implications for melt-rock interaction and chromitite segregation in the upper mantle. *Journal of Petrology*, 37 (1), 3-21.

MICHEL HOULÉ

**PÉTROLOGIE ET MÉTALLOGÉNIE
DU COMPLEXE DE MENARIK, BAIE JAMES,
QUÉBEC, CANADA.**

TOME II

Mémoire
présenté
à la Faculté des études supérieures
de l'Université Laval
pour l'obtention
du grade de maître ès sciences (M.Sc.)

Département de géologie et de génie géologique
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE
UNIVERSITÉ LAVAL

NOVEMBRE 2000

ANNEXE A

COUPES DÉTAILLÉES ET COMPOSITION DES MINÉRAUX NORMATIFS

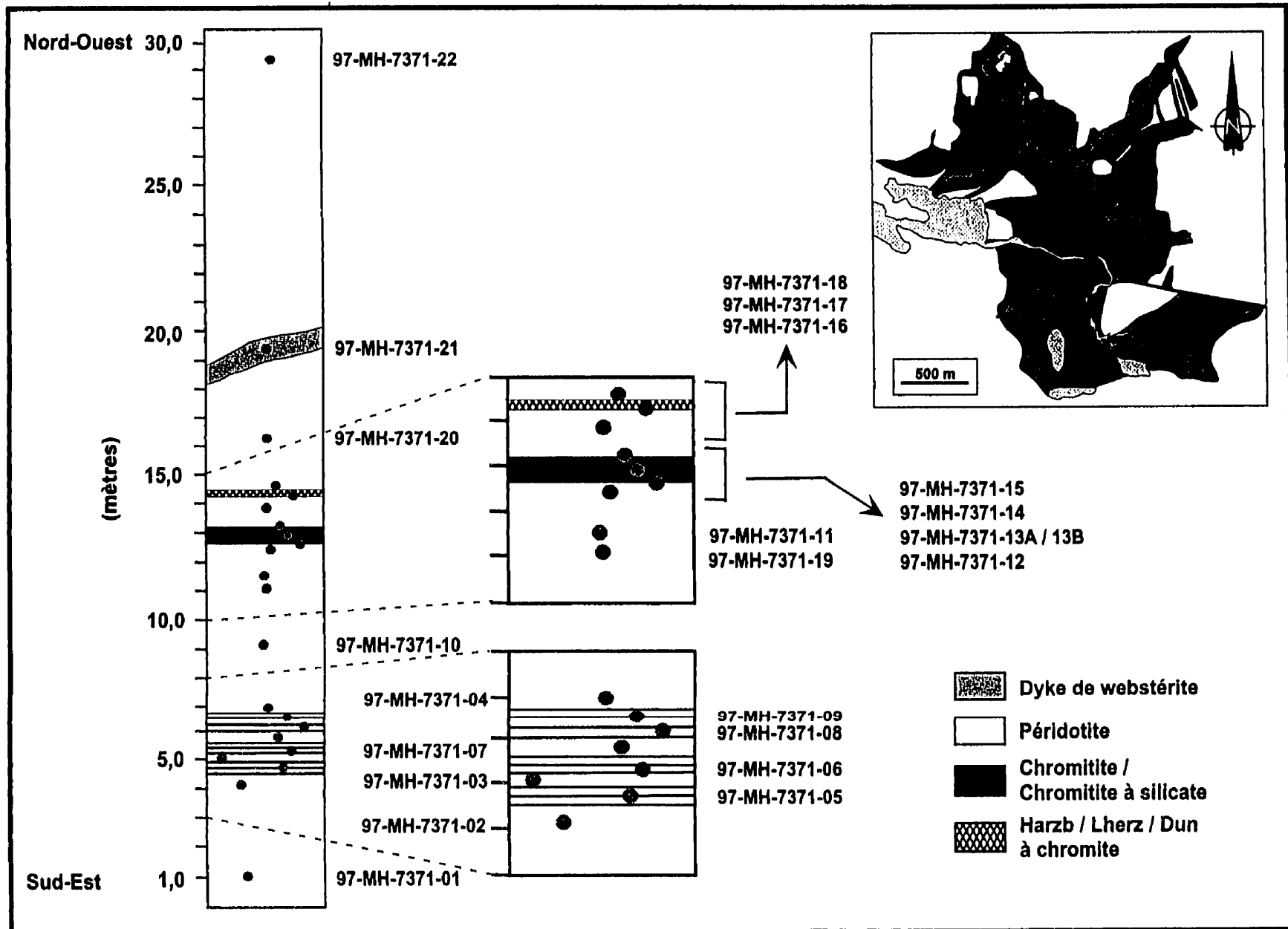


Figure A.1 Colonne stratigraphique schématique montrant la position des différents échantillons de l'affleurement 97-MH-7371.

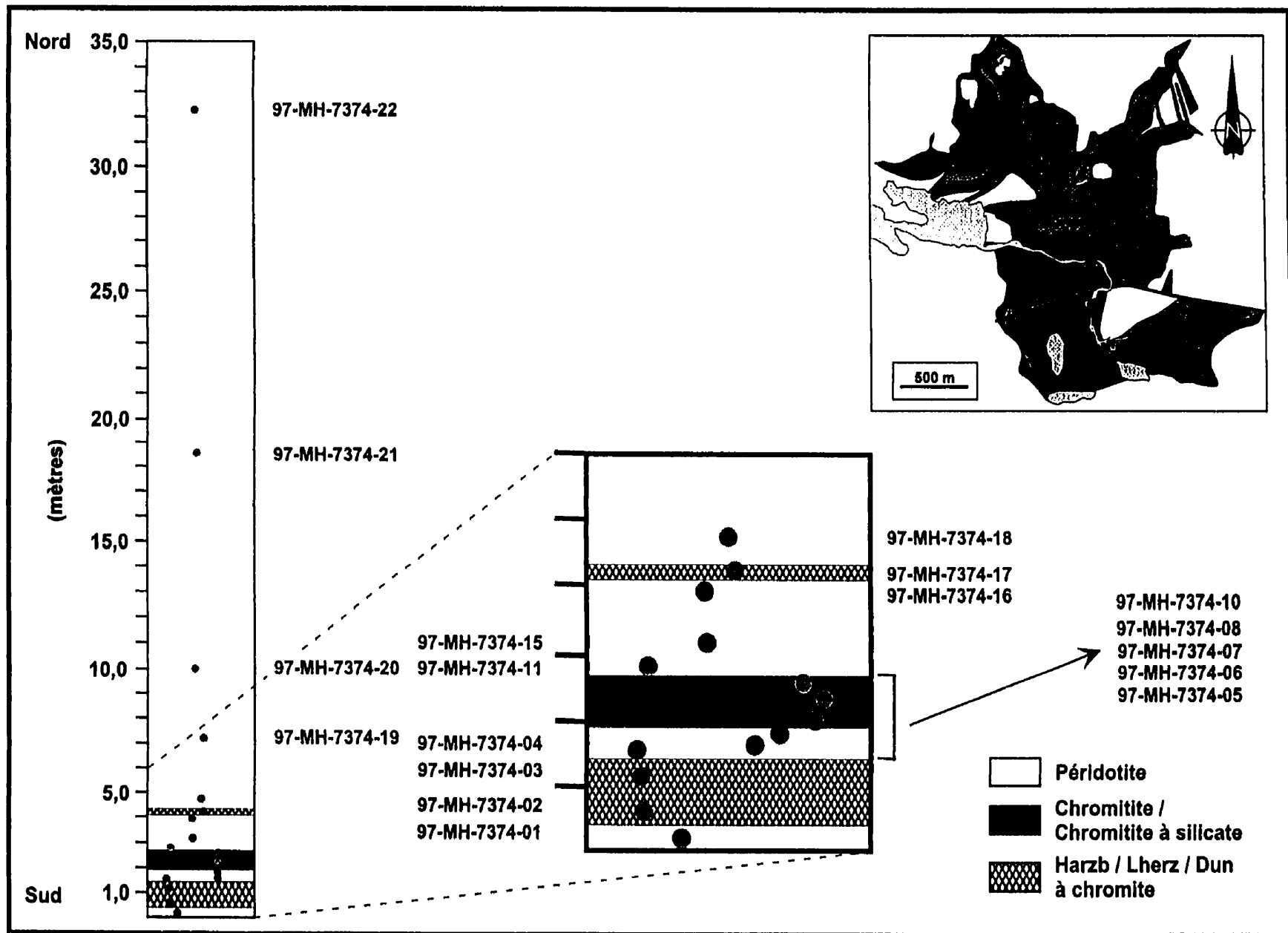


Figure A.2 Colonne stratigraphique schématique montrant la position des différents échantillons de l'affleurement 97-MH-7374.

A.2 Composition des minéraux normatifs

La détermination de la composition des minéraux normatifs et de l'estimation des modes minéralogiques en lame mince fait l'objet de cette section. La raison d'être de cette partie est de permettre aux lecteurs de se familiariser avec la procédure utilisée pour déterminer les différentes lithologies désignées pour les roches du CDM.

La composition des minéraux normatifs s'est effectuée à l'aide de la norme CIPW. Cependant, quelques modifications y ont été apportées compte tenu de la proportion importante de chromite dans les roches du CDM. La norme CIPW, conçue pour les roches mafiques et granitiques, calcule la composition du plagioclase avant celle du diopside. Pour les roches du CDM, nous avons utilisé la norme CIPW modifiée par Varfalvy (Thèse de doctorat, 2000) qui adapte le calcul de la norme CIPW aux roches ultramafiques. Cette modification consiste à calculer la composition du diopside et du spinelle avant celle du plagioclase. Le calcul est présenté pour les roches des coupes détaillées du CDM au tableau A.1 (minéraux normatifs).

Ces résultats semblent surestimer grandement la proportion de l'orthopyroxène dans les roches du CDM. Un des problèmes pour les roches du CDM est que la proportion de chromite produit un effet de dilution lors des calculs de la composition normative des minéraux. Une des solutions envisagées pour corriger ce phénomène est de soustraire la teneur des différents oxydes rentrant dans la structure cristalline de la chromite de l'analyse totale. Ce calcul a pour effet de conserver uniquement les teneurs des oxydes reliés à la proportion des différents silicates contenus dans la roche excluant la chromite. Par la suite, le calcul de la composition des minéraux normatifs pour les roches ultramafiques est appliqué à la nouvelle composition de la roche totale (excluant la chromite). Ces résultats sont présentés au tableau A.1 (Mx normatifs excluant le spinelle).

Méthode de calcul pour extraire l'effet de la chromite :

Analyse Totale – (moyenne des Chro x mode de Chro) = Analyse sans Chro

- 1) Tout le chrome contenu dans les analyses entre dans la structure de la chromite compte tenu que le chrome est contenu en teneur négligeable dans les pyroxènes et dans l'olivine par rapport à la chromite.
- 2) Moyenne des analyses à la microsonde des cœurs de chromite contenus dans chaque échantillon analysé.
- 3) Multiplier la moyenne des analyses à la microsonde par le mode de chromite dans chaque échantillon.
- 4) Soustraire cette quantité (3) à l'analyse totale comprenant la chromite.
- 5) Obtention de la nouvelle composition excluant l'effet de la chromite.

La détermination du mode minéralogique pour les différents silicates est basée sur la reconnaissance des différents pseudomorphes d'olivines, d'orthopyroxènes et de clinopyroxènes.

La méthode de détermination pour établir les différents noms lithologiques pour chaque échantillon est une combinaison de la composition des minéraux normatifs excluant l'effet du spinelle et de l'estimation modale des minéraux en lame mince (Tableau A.1, mode minéralogique estimé). La composition des minéraux normatifs (avec et sans spinelle) demeure une approximation et l'application directe n'est pas toujours réaliste avec l'estimation visuelle en lame mince. Une des raisons pouvant expliquer ce phénomène est certainement la serpentinisation des roches du CDM qui peut entraîner la modification de certains oxydes comme la silice (Lafèche, comm. Pers.). L'augmentation de quelques pourcentages en silice dans un échantillon peut causer une surestimation de l'orthopyroxène par rapport à l'olivine dans le calcul des minéraux normatifs. La composition de l'orthopyroxène et l'olivine sont similaires (silicates de fer et de magnésium) malgré que l'Opx possède des teneurs plus élevées en silice que l'olivine.

Tableau A.1 Composition des minéraux normatifs (Norme CIPW), des minéraux normatifs excluant le spinelle et de l'estimation du mode minéralogique pour les roches des coupes détaillées.

Échantillons	Minéraux normatifs			Minéraux normatifs excluant spinelle			Lithologies			
	Oi nm	Opx nm	Totaux nm	Sp nm	Totaux nm	Oi nm	Opx nm	Cpx nm	Totaux nm	
97-MH-7371-01	0	53	100	3	100	0	54	46	100	Webst
97-MH-7371-02	43	38	100	12	100	50	43	7	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-03	46	45	100	5	100	48	47	4	100	Harzb
97-MH-7371-04	36	41	100	20	100	48	48	4	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-05	9	25	100	64	100	51	45	5	100	Chr Sll
97-MH-7371-07	45	46	100	7	100	50	48	2	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-08	0	12	100	87	100	26	88	6	100	Chr Sll
97-MH-7371-10	46	38	100	5	100	54	41	5	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-12	28	38	100	33	100	100	0	0	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-13A	0	15	100	77	100	36	36	28	100	Chr Sll
97-MH-7371-14	0	12	100	81	100	6	70	24	100	Chr Sll
97-MH-7371-15	24	37	100	38	100	49	49	2	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-16	19	37	100	44	100	43	56	1	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-17	30	45	100	23	100	60	38	2	100	Harzb à chiro
97-MH-7371-18	48	32	100	9	100	53	35	13	100	Lherz à chiro
97-MH-7371-19	45	36	100	8	100	48	39	12	100	Lherz à chiro
97-MH-7371-20	48	41	100	6	100	50	45	5	100	Lherz à chiro
97-MH-7371-21	1	56	100	12	100	0	63	37	100	Webst (Dyke)
97-MH-7371-22	46	40	100	10	100	53	43	5	100	Lherz à chiro
97-MH-7374-01	36	49	100	13	100	42	55	2	100	Harzb à chiro
97-MH-7374-02	31	33	100	35	100	54	43	3	100	Harzb à chiro
97-MH-7374-03	40	42	100	18	100	54	46	0	100	Harzb à chiro
97-MH-7374-04	35	33	100	31	100	81	37	2	100	Harzb à chiro
97-MH-7374-05	43	38	100	16	100	54	43	3	100	Lherz à chiro
97-MH-7374-06	38	33	100	27	100	59	38	4	100	Lherz à chiro
97-MH-7374-07	33	35	100	28	100	55	40	5	100	Harzb à chiro
97-MH-7374-08	0	11	100	86	100	16	73	11	100	Chr Sll
97-MH-7374-10	0	13	100	85	100	18	71	11	100	Chr Sll
97-MH-7374-11	21	39	100	38	100	47	51	2	100	Harzb à chiro
97-MH-7374-15	26	42	100	30	100	45	51	3	100	Lherz à chiro
97-MH-7374-16	36	40	100	21	100	50	45	4	100	Harzb à chiro
97-MH-7374-17	11	21	100	60	100	63	20	17	100	Chr Sll
97-MH-7374-18	49	42	100	7	100	53	44	3	100	Harzb
97-MH-7374-19	53	35	100	7	100	57	37	5	100	Lherz
97-MH-7374-22	47	40	100	11	100	56	43	1	100	Harzb à chiro

nm: normalisés à 100 %

Mx: minéraux

Tableau A.1 Composition des minéraux normatifs (Norme CIPW), des minéraux normatifs excluant le spinelle et de l'estimation du mode minéralogique pour les roches des coupes détaillées (suite).

Échantillons	Mode minéralogique estimé						Lithologies				
	OI	Opx	Cpx	Sp	Indiff.	Total	OI nm	Opx nm	Cpx nm	Totaux nm	
97-MH-7371-01	0	54	44	2	0	100	0	55	45	100	Webst
97-MH-7371-02	70	13	4	12	0	100	80	15	5	100	Harzb à chro
97-MH-7371-03	60	33	3	4	0	100	63	34	3	100	Harzb
97-MH-7371-04	50	31	2	17	0	100	60	37	3	100	Harzb à chro
97-MH-7371-05	17	11	8	65	0	100	48	30	22	100	Chr SII
97-MH-7371-07	51	40	2	7	0	100	55	43	2	100	Harzb à chro
97-MH-7371-08	6	9	0	85	0	100	40	60	0	100	Chr SII
97-MH-7371-09	0	0	0	0	100	0	-	-	-	0	Chr SII
97-MH-7371-10	58	30	3	10	0	100	64	33	3	100	Harzb à chro
97-MH-7371-12	61	5	1	32	0	100	90	8	2	100	Harzb à chro
97-MH-7371-13A	0	0	0	75	25	100	-	-	-	-	Chr SII
97-MH-7371-14	0	0	0	80	20	100	-	-	-	-	Chr SII
97-MH-7371-15	36	27	3	35	0	100	55	41	4	100	Harzb à chro
97-MH-7371-16	23	30	2	45	0	100	41	55	4	100	Harzb à chro
97-MH-7371-17	45	26	4	25	0	100	60	35	5	100	Harzb à chro
97-MH-7371-18	55	28	9	8	0	100	60	30	10	100	Lherz à chro
97-MH-7371-19	55	28	9	8	0	100	60	30	10	100	Lherz à chro
97-MH-7371-20	53	33	9	5	0	100	56	35	9	100	Lherz à chro
97-MH-7371-21	5	54	40	1	0	100	5	55	40	100	Webst (Dyke)
97-MH-7371-22	54	29	7	10	0	100	60	32	8	100	Lherz à chro
97-MH-7374-01	57	28	3	12	0	100	65	32	3	100	Harzb à chro
97-MH-7374-02	39	23	3	35	0	100	60	35	5	100	Harzb à chro
97-MH-7374-03	46	34	2	18	0	100	56	42	2	100	Harzb à chro
97-MH-7374-04	50	20	1	28	0	100	70	28	2	100	Harzb à chro
97-MH-7374-05	46	34	5	15	0	100	54	40	6	100	Lherz à chro
97-MH-7374-06	51	21	3	25	0	100	68	28	4	100	Harzb à chro
97-MH-7374-07	42	28	1	28	0	100	59	39	2	100	Harzb à chro
97-MH-7374-08	0	0	0	85	15	100	-	-	-	-	Chr SII
97-MH-7374-10	0	0	0	80	20	100	-	-	-	-	Chr SII
97-MH-7374-11	34	25	2	38	0	100	55	41	4	100	Harzb à chro
97-MH-7374-15	39	27	4	30	0	100	55	39	6	100	Lherz à chro
97-MH-7374-16	42	34	3	20	0	100	53	43	4	100	Harzb à chro
97-MH-7374-17	20	14	1	65	0	100	56	40	4	100	Chr SII
97-MH-7374-18	48	43	5	5	0	100	50	45	5	100	Harzb
97-MH-7374-19	53	36	6	5	0	100	56	38	6	100	Lherz
97-MH-7374-22	51	34	5	10	0	100	57	38	5	100	Harzb à chro

nm: normalisés à 100 %

Indiff.: Indifférenciée

ANNEXE B

ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES

INCLUANT

**ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES DES ÉLÉMENTS MAJEURS, DES
ÉLÉMENTS MINEURS, DES ÉLÉMENTS EN TRACES, DES ÉLÉMENTS DU
GROUPE DU PLATINE ET DES TERRES RARES**

ANNEXE B

L'annexe B est divisé en trois sections. **L'annexe B.1** comprend les analyses des éléments majeurs, mineurs, traces et certains platinoïdes effectuées au laboratoire d'analyse du Ministère des Ressources naturelles (Centre Recherche Minérale, CRM). **L'annexe B.2** comprend les analyses des éléments majeurs, mineurs, traces, terres rares et platinoïdes effectuées au laboratoire de l'INRS-Géoressources par l'auteur. Ces résultats proviennent tous de sections détaillées dans la portion nord de l'intrusion de Menarik (Affleurement 7371 et 7374). **L'annexe B.3** comprend les analyses des terres rares pour certains échantillons ponctuels qui ont déjà fait l'objet d'analyses pour les éléments majeurs et pour les éléments traces.

Dans cette partie, quelques totaux d'analyse sont faibles pour certaines roches riches en chromite. Ceci s'explique par la difficulté à doser le chrome lorsque les échantillons contiennent beaucoup de chromite. Ces analyses ont été reprises une seconde fois. Le dosage était de meilleure qualité sans toutefois donner des totaux très près de 100 %. Lors des deux analyses, les teneurs des différents oxydes sont très similaires mais le contenu en chrome semble être légèrement sous-évalué dans ces échantillons.

ANNEXE B.1

ANALYSE DES ÉLÉMENTS MAJEURS ET EN TRACES

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (CRM).

Échantillon	96-CD-5093-A	96-CD-5096-B	96-CD-5097-B1	96-CD-5097-B2	96-CD-5098	96-CD-5099-B	96-CD-5099-C1	96-CD-5112-B2
Lithologie	Chr Sil	Lherz à chro	Harzb à chro	Chr Sil	Chr Sil	Harzb à chro	Chr Sil	Webst Ol à chro
# analyse	96010502	96010501	96010503	96010504	96010505	96010506	96010507	96010508
%								
SiO ₂	27,30	38,10	31,40	14,30	13,90	26,90	11,50	27,90
Al ₂ O ₃	6,84	0,66	5,82	12,90	13,00	7,66	13,60	8,01
Fe ₂ O _{3t}	15,40	8,12	14,80	19,70	22,80	14,10	27,20	12,40
Cr ₂ O ₃	14,61	0,58	8,25	25,80	22,90	10,49	28,00	14,31
MgO	24,80	39,00	28,60	17,40	15,60	26,20	13,60	27,00
CaO	1,56	0,02	0,67	0,46	1,60	2,07	0,02	1,04
MnO	0,34	0,12	0,27	0,27	0,48	0,24	0,66	0,16
Na ₂ O	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
K ₂ O	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,21	0,02	0,18	0,32	0,39	0,19	0,44	0,22
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
V ₂ O ₅	0,06	0,01	0,05	0,15	0,15	0,06	0,19	0,05
PAF	8,06	14,00	9,70	5,14	5,92	10,60	3,58	8,14
total	99,30	100,75	99,87	96,56	96,86	98,63	98,91	99,35
CO ₂	1,25	3,56	0,93	0,49	1,37	3,26	0,25	0,69
S	0,42	0,16	0,26	0,03	0,12	0,14	0,21	0,10
Fe ₂ O _{3c}	0,68	0,07	0,58	1,29	1,30	0,77	1,36	0,80
FeO _c	5,54	0,53	4,71	10,45	10,53	6,20	11,01	6,49
Mg#	77,99	91,35	80,96	66,02	60,09	80,35	52,38	82,73
Cr#	58,89	37,08	48,74	57,29	54,16	47,87	58,00	54,51
Cr/Fe	1,00	0,08	0,59	1,38	1,06	0,78	1,08	1,21
ppm								
Cr	100000	4000	58700	200000	139000	71800	177000	97900
Ni	2700	2300	3500	1900	2400	1800	2000	1400
Cu	1200	47	390	497	703	630	992	678
Zn	241	84	209	295	422	167	55	107
Co	181	131	170	159	164	114	43	81
Au	14	n.d.	14	200	48	n.d.	70	18
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	11	23	44	720	3	5	4	30
Sc	n.d.	n.d.	n.d.	22	n.d.	10	n.d.	n.d.
Sb	0,9	2	1,2	18	5	3	5,8	2,2
Tc	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	n.d.	n.d.	n.d.
Bi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	5	3	3	6	4	4	3	9
Be	9	n.d.	7	24	21	9	2	7
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ce	n.d.	n.d.	n.d.	10	12	n.d.	n.d.	n.d.
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dy	n.d.	n.d.	n.d.	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Eu	n.d.	n.d.	n.d.	16	12	n.d.	n.d.	n.d.
Ga	6	n.d.	5	23	25	17	21	17
La	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Li	3	n.d.	3	4	2	3	1	2
Mo	n.d.	n.d.	n.d.	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nb	11	11	14	14	13	13	17	13
Nd	n.d.	n.d.	n.d.	68	50	28	n.d.	n.d.
Pb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pr	15	n.d.	14	73	44	n.d.	n.d.	n.d.
Rb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sc	13	7	14	15	18	14	10	13
Sm	236	12	189	615	536	219	65	167
Sn	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sr	32	n.d.	5	6	n.d.	n.d.	n.d.	3
Ta	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Th	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tm	n.d.	2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
U	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,3
V	317	39	272	808	807	328	105	261
W	n.d.	n.d.	n.d.	1	1	n.d.	1	n.d.
Y	10	7	11	14	12	11	8	9
Zr	n.d.	n.d.	3	n.d.	5	3	4	n.d.
ppb								
Os	15	n.a.	17	29	21	12	30	16
Ir	16	n.a.	17	32	27	14	46	15
Ru	60	n.a.	75	132	100	59	122	74
Rh	58	n.d.	52	87	122	51	209	48
Pt	186	n.d.	200	209	391	165	680	133
Pd	725	n.d.	833	674	1563	620	2690	518

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Échantillon	96-CD-S112-C	96-CD-S113-C	96-CD-S114-B2	96-CD-S114-C1	96-CD-S115-C1	96-CD-S115-C2	96-CD-S115-D	96-CD-S116-C
Lithologie	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr	Harzb	Chr
# analyse	96010509	96010510	96010514	96010511	96010512	96010513	96010516	96010515
%								
SiO ₂	15,00	12,40	14,90	17,60	17,40	9,76	41,90	7,64
Al ₂ O ₃	13,90	11,20	4,62	8,71	11,70	13,40	0,46	11,70
Fe ₂ O ₃	20,50	25,50	35,60	26,10	17,20	20,30	5,50	16,90
Cr ₂ O ₃	26,80	27,70	20,10	21,20	24,40	32,70	0,34	40,48
MgO	17,50	15,20	16,10	18,90	21,30	15,80	38,60	14,90
CaO	0,66	0,02	0,02	0,09	0,02	0,02	0,27	0,02
MnO	0,22	0,47	0,74	0,37	0,61	0,84	0,05	0,56
Na ₂ O	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
K ₂ O	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,34	0,21	0,16	0,20	0,21	0,28	0,02	0,26
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
V ₂ O ₅	0,15	0,13	0,08	0,08	0,12	0,14	0,01	0,07
PAF	5,39	3,10	4,93	5,07	6,84	3,01	12,60	1,78
total	100,59	96,05	97,37	98,44	99,92	96,37	99,87	94,43
CO ₂	0,51	0,22	2,19	0,51	0,20	0,13	0,80	0,17
S	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,76	0,02
Fe ₂ O _{3c}	1,39	1,12	0,46	0,87	1,17	1,34	0,05	1,17
FeO _c	11,26	9,07	3,74	7,05	9,47	10,85	0,37	9,47
Mg#	65,26	56,74	49,88	61,44	73,15	63,13	93,92	65,98
Cr#	56,39	62,39	74,48	62,01	58,31	62,07	33,14	69,88
Cr/Fe	1,37	1,14	0,59	0,85	1,49	1,69	0,06	2,52
ppm								
Cr	188000	228000	152000	155000	168000	249000	2300	277000
Ni	1600	1100	1500	2000	1600	1200	4700	825
Cu	437	41	37	28	27	31	3200	17
Zn	314	688	1300	436	857	547	29	307
Co	168	174	424	259	168	143	177	75
Au	49	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	21	n.d.
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	330	5	6	7	7	6	13	6
Se	n.d.	21	n.d.	13	13	n.d.	n.d.	n.d.
Sb	10	4,5	3,3	3,4	6,6	8	1,4	7,4
Tc	11	n.d.	11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15
Bi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	8	12	11	5	8	13	6	5
Be	25	28	22	20	23	29	n.d.	13
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cd	6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ce	9	7	11	7	7	7	n.d.	n.d.
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dy	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Eu	15	17	6	9	14	20	n.d.	8
Ga	22	13	n.d.	9	14	18	n.d.	n.d.
La	3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Li	4	4	2	5	14	18	2	6
Mo	n.d.	7	6	n.d.	4	9	n.d.	4
Nb	15	17	14	12	14	18	11	18
Nd	63	86	64	59	68	90	n.d.	39
Pb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pr	56	66	52	45	50	65	n.d.	25
Rb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sc	15	8	8	9	11	9	9	6
Sm	624	704	559	501	567	719	6	311
Sr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	n.d.
Sr	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ta	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Th	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tm	n.d.	n.d.	2	n.d.	n.d.	n.d.	2	n.d.
U	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,2	0,3	n.d.	n.d.
V	896	744	552	527	661	759	22	388
W	n.d.	1	n.d.	n.d.	n.d.	1	n.d.	1
Y	10	8	9	6	10	10	8	11
Zr	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ppb								
Os	30	60	27	45	46	63	n.a.	60
Ir	29	51	25	40	34	49	n.a.	44
Ru	141	281	127	175	194	288	n.a.	298
Rh	85	46	73	106	52	81	n.d.	46
Pt	230	100	201	274	123	149	7	99
Pd	730	107	232	800	334	423	24	381

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	97-JC-S115-G	97-JC-S116-F	97-JC-S557-D1	97-JC-S557-D2	97-MH-7371-02	97-MH-7371-03	97-MH-7371-04	97-MH-7371-05
Lithologie	Harzb	Harzb	Chr Sill	Chr	Harzb à chro	Harzb	Harzb à chro	Chr Sill
# analyse	97012893	97012894	97012895	97012896	97015190	97015191	97015182	97015183
%								
SiO ₂	37,40	36,60	12,30	11,90	36,70	37,70	34,50	27,80
Al ₂ O ₃	1,52	1,24	14,80	14,20	2,90	2,28	3,48	6,24
Fe ₂ O ₃	8,93	10,70	23,00	23,50	12,60	10,40	14,10	17,70
Cr ₂ O ₃	1,15	0,67	28,20	30,40	2,66	2,10	4,06	10,60
MgO	37,00	36,40	16,10	15,30	32,20	34,10	31,60	26,80
CaO	0,09	0,08	0,17	0,42	1,34	1,69	0,96	1,03
MnO	0,10	0,14	0,45	0,48	0,12	0,09	0,17	0,24
Na ₂ O	0,11	0,13	0,10	0,10	0,14	0,14	0,13	0,10
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,04	0,04	0,41	0,41	0,13	0,08	0,12	0,21
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
V ₂ O ₅	0,01	0,01	0,16	0,17	0,02	0,01	0,03	0,07
PAF	14,00	14,10	3,99	3,55	10,70	11,10	10,50	8,88
total	100,37	100,13	99,70	100,45	99,53	99,71	99,67	99,69
CO ₂	-	-	-	-	2,13	2,63	1,45	1,65
S	-	-	-	-	0,59	0,72	0,41	0,19
Fe ₂ O _{3r}	0,15	0,12	1,48	1,42	0,29	0,23	0,35	0,62
FeO _r	1,23	1,00	11,99	11,50	2,35	1,85	2,82	5,05
Mg#	90,11	88,21	60,63	58,89	84,90	87,83	83,14	76,91
Cr#	33,66	26,60	56,10	58,95	38,09	38,18	43,90	53,25
Cr/Fe	0,14	0,07	1,29	1,36	0,22	0,21	0,30	0,63
ppm								
Cr	7868	4584	192945	207997	18400	14600	28700	81100
Ni	2000	1800	2800	3200	2200	2800	1500	1900
Cu	11	10	2500	81	1200	3000	224	698
Zn	84	75	129	425	81	39	95	140
Co	131	140	87	217	161	147	131	145
Au	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	13	17	5	15
Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	87	120	63	130
Se	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	10	13	10	10
Sb	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,3	1,7	0,9	2
Tc	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	10	10	10
Bi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ba	5	7	19	12	2	2	2	2
Be	1	n.d.	10	30	2	1	1	1
Br	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2	2	2	2
Ce	5	n.d.	n.d.	n.d.	5	5	5	5
Cs	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
Dy	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1	1	1	1
Eu	n.d.	n.d.	6	20	5	5	5	5
Ga	3	n.d.	27	27	6	6	7	12
La	n.d.	n.d.	n.d.	3	2	2	2	2
Li	n.d.	n.d.	n.d.	4	1	1	1	1
Mo	n.d.	n.d.	5	15	4	4	4	4
Nb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3	3	3	3
Nd	n.d.	n.d.	37	111	25	25	25	25
Pb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12	12	12	12
Pr	n.d.	n.d.	n.d.	32	10	10	10	10
Rb	n.d.	3	4	4	3	3	3	3
Sc	8	8	13	15	12	11	12	12
Sm	n.d.	n.d.	198	632	2	2	2	2
Sr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	10	10	10
Sr	3	3	8	11	47	59	31	37
Ta	n.d.	n.d.	n.d.	5	5	5	5	5
Tb	10	10	14	16	10	10	10	10
Tm	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	2	2	2	2
U	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,2	0,2	0,2	0,2
V	62	41	363	1000	92	74	127	304
W	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	1	1	1
Y	n.d.	n.d.	4	4	3	4	5	3
Zr	5	4	11	13	10	10	9	8
ppb								
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ru	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Rh	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	27	n.d.	29	14
Pt	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	182	236	77	128
Pd	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	972	1300	324	562

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Échantillon	97-MH-7371-08	97-MH-7371-09	97-MH-7371-10	97-MH-7371-14	97-MH-7371-15	97-MH-7371-18	97-MH-7371-21	97-MH-7374-01
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr	Harzb à chro	Harzb à chro (Pc	Webst (D)	Harzb à chro
# analysc	97015184	97015185	97015192	97015171	97015172	97015193	97015194	97015195
%								
SiO ₂	29,40	26,60	36,10	13,70	25,00	35,00	46,00	35,70
Al ₂ O ₃	4,86	6,06	3,04	12,00	8,98	4,47	5,78	3,71
Fe ₂ O ₃	16,10	17,90	12,60	19,80	17,30	12,60	9,80	12,20
Cr ₂ O ₃	8,79	11,50	2,54	32,90	17,00	4,91	0,20	4,41
MgO	28,00	25,50	32,20	15,20	24,00	31,20	22,60	32,50
CaO	1,70	2,07	1,56	1,21	0,78	2,45	9,01	0,71
MnO	0,21	0,25	0,16	0,31	0,22	0,20	0,23	0,14
Na ₂ O	0,10	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,28	0,10
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01
TiO ₂	0,18	0,19	0,18	0,30	0,22	0,12	0,37	0,10
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,38	0,01
V ₂ O ₅	0,06	0,07	0,02	0,13	0,09	0,02	0,01	0,02
PAF	10,10	9,39	11,10	4,66	6,83	8,71	5,23	10,70
total	99,52	99,67	99,63	100,33	100,54	99,81	99,93	100,31
CO ₂	2,83	3,00	2,39	0,85	0,45	0,13	0,42	0,97
S	0,38	0,25	0,59	0,08	0,20	0,19	0,17	0,08
Fe ₂ O _{3c}	0,49	0,61	0,30	1,20	0,90	0,45	0,58	0,37
FeO _r	3,94	4,91	2,46	9,72	7,27	3,62	4,68	3,00
Mg#	79,28	75,81	84,90	62,81	75,32	84,49	83,54	85,43
Cr#	54,81	56,00	35,91	64,77	55,94	42,42	2,27	44,36
Cr/Fc	0,57	0,67	0,21	1,75	1,03	0,41	0,02	0,38
ppm								
Cr	60800	79200	18100	180000	109000	35800	1300	31100
Ni	2400	2100	1300	1900	2300	2000	877	1600
Cu	1700	640	167	303	800	585	33	9
Zn	139	211	84	359	223	90	54	100
Co	162	157	119	192	148	132	64	127
Au	8	13	5	33	5	7	5	5
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	160	93	31	180	4	1	23	99
Sc	10	10	10	18	10	10	10	10
Sb	2,1	1,6	0,6	6,9	1,3	0,4	0,4	0,5
Te	10	10	10	10	10	10	10	10
Bi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ba	2	4	6	7	2	6	9	2
Bc	1	1	1	29	1	1	1	1
Br	1	1	1	1	1	1	1	1
Cd	4	2	2	2	2	2	2	2
Cc	5	5	5	5	5	5	29	5
Cs	1	1	1	1	1	1	1	1
Dy	1	1	1	3	1	1	1	1
Eu	5	5	5	17	5	5	5	5
Ga	11	13	5	26	18	6	7	8
La	2	2	2	2	2	2	13	2
Li	1	1	1	2	1	1	2	1
Mo	4	4	4	12	4	4	4	4
Nb	3	3	3	3	3	3	3	3
Nd	25	25	25	98	25	25	25	25
Pb	12	12	12	12	12	12	12	12
Pr	10	10	10	10	10	10	10	10
Rb	3	3	4	3	3	3	3	5
Sc	11	12	13	19	14	13	22	13
Sm	2	2	2	2	2	2	2	2
Sn	10	10	10	10	10	10	10	10
Sr	106	98	36	17	9	4	172	11
Ta	5	5	5	5	5	5	5	5
Th	10	10	10	11	10	10	10	10
Tm	2	2	2	2	2	2	2	2
U	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2
V	247	381	102	891	310	108	87	159
W	1	1	1	1	1	1	1	1
Y	4	3	3	5	3	5	14	3
Zr	9	10	13	11	13	14	64	6
ppb								
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ru	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Rh	24	21	11	38	18	21	6	8
Pt	332	276	21	136	191	156	n.d.	34
Pd	1500	1200	90	522	582	333	n.d.	117

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	97-MH-7374-02	97-MH-7374-05	97-MH-7374-08	97-MH-7374-11	97-MH-7374-19	97-MH-7382-B	97-MH-7384-03	97-MH-7384-05
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr Sil	Harzb à chro	Lherz	Gab (D)	Lherz à chro	Chr Sil
# analyse	97015186	97015196	97015173	97015187	97015197	97015062	97015198	97015174
%								
SiO ₂	23,00	37,00	14,30	29,80	38,00	45,20	35,20	17,80
Al ₂ O ₃	7,79	3,47	13,00	6,29	2,58	14,80	3,40	11,80
Fe ₂ O ₃	19,70	11,20	21,00	13,80	10,60	13,30	13,80	22,20
Cr ₂ O ₃	16,10	3,39	27,50	11,00	0,70	0,03	3,92	22,00
MgO	23,30	33,60	17,80	28,40	34,10	7,58	29,20	17,90
CaO	1,24	0,60	0,30	1,24	1,17	16,30	2,97	0,42
MnO	0,40	0,11	0,37	0,18	0,15	0,21	0,15	0,38
Na ₂ O	0,10	0,11	0,10	0,10	0,15	0,67	0,10	0,10
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,23	0,01	0,01
TiO ₂	0,24	0,10	0,29	0,19	0,06	0,83	0,12	0,28
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,01
V ₂ O ₅	0,09	0,02	0,14	0,06	0,01	0,04	0,03	0,12
PAF	7,95	10,90	4,81	9,12	11,70	1,12	11,50	4,94
total	99,93	100,52	99,63	100,20	99,24	100,37	100,41	97,96
CO ₂	1,76	0,98	0,28	0,83	1,51	0,09	4,58	0,78
S	0,06	0,11	0,04	0,10	0,16	0,01	0,26	0,02
Fe ₂ O _{3c}	0,78	0,35	1,30	0,63	0,26	1,48	0,34	1,18
FeO _c	6,31	2,81	10,53	5,09	2,09	11,99	2,75	9,56
Mg#	72,24	86,84	65,09	81,91	87,62	55,63	82,32	63,95
Cr#	58,09	39,58	58,66	53,98	15,39	0,14	43,61	55,56
Cr/Fe	0,86	0,32	1,38	0,84	0,07	0,00	0,30	1,04
ppm								
Cr	110000	24300	188000	81800	5000	605	28600	155000
Ni	1500	1400	2100	2600	1500	120	2200	1500
Cu	22	356	30	49	13	51	1000	24
Zn	236	75	290	174	70	59	116	348
Co	156	121	177	136	122	59	152	196
Au	5	5	14	11	5	n.d.	26	15
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	15	62	6	7	100	n.d.	6	4
Sc	10	10	10	10	10	n.d.	10	11
Sb	1	0,5	6,3	4,8	1,1	n.d.	2,3	5
Te	10	10	10	10	10	10	10	10
Bi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ba	2	3	3	3	4	16	2	5
Bc	1	1	1	1	1	1	1	1
Br	1	1	1	1	1	n.d.	1	1
Cd	2	2	2	2	3	2	2	2
Ce	5	5	5	5	5	6	5	5
Cs	1	1	1	1	1	n.d.	1	1
Dy	1	1	1	1	1	1	1	1
Eu	5	5	5	5	5	5	5	5
Ga	16	9	24	14	5	17	9	23
La	2	2	2	2	2	5	2	2
Li	1	1	3	1	1	2	1	2
Mo	4	4	4	4	4	4	4	4
Nb	3	3	3	3	3	3	3	3
Nd	25	25	25	25	25	25	25	25
Pb	12	12	12	12	12	12	12	12
Pr	10	10	10	10	10	10	10	10
Rb	5	3	3	3	3	4	3	3
Sc	12	12	14	12	12	49	12	14
Sm	2	2	2	2	2	2	2	2
Sn	10	10	10	10	10	10	10	10
Sr	19	9	6	17	11	120	21	5
Ta	5	5	5	5	5	5	5	5
Tb	11	10	11	10	10	10	10	10
Tm	2	3	2	2	2	n.d.	3	2
U	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	n.d.	0,2	0,2
V	382	129	630	233	53	285	158	565
W	1	1	1	1	1	n.d.	1	1
Y	3	3	3	5	3	21	5	5
Zr	7	6	10	10	6	49	9	18
ppb								
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ru	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Rh	8	7	9	7	8	23	25	24
Pt	81	20	15	72	n.d.	n.d.	232	129
Pd	268	57	56	328	10	n.d.	1300	438

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	97-MH-7385-01	97-MH-7402-A	97-MH-7420-01	97-MH-7421-A	97-MH-7463-A	97-MH-7463-B	97-MH-7468	97-MH-7484-01
Lithologie	Chr Sill	Gab	Chr Sill	Gab	Pyrox (D)	Gab (D)	Harzb	Chr Sill
# analyse	97015176	97015063	97015177	97015064	97015061	97015065	97015199	97015178
%								
SiO ₂	16,00	47,90	16,10	50,40	42,70	47,60	38,80	14,70
Al ₂ O ₃	12,50	16,90	4,54	15,40	7,80	13,80	3,37	13,00
Fe ₂ O ₃	23,00	6,66	27,40	6,14	11,00	17,20	11,30	19,60
Cr ₂ O ₃	23,70	0,17	23,00	0,04	0,26	0,01	0,90	28,80
MgO	16,50	11,20	20,10	10,20	23,70	4,65	34,00	17,50
CaO	2,04	12,70	0,02	13,50	6,84	9,30	0,74	0,53
MnO	0,40	0,14	0,36	0,12	0,17	0,23	0,16	0,36
Na ₂ O	0,10	1,07	0,10	1,84	0,68	3,22	0,10	0,10
K ₂ O	0,01	0,16	0,01	0,25	0,16	0,53	0,01	0,01
TiO ₂	0,35	0,24	0,15	0,17	0,45	1,89	0,11	0,36
P ₂ O ₅	0,01	0,03	0,01	0,01	0,28	0,20	0,01	0,01
V ₂ O ₅	0,14	0,02	0,07	0,01	0,01	0,03	0,01	0,12
PAF	5,03	3,06	7,04	1,46	5,55	1,06	10,70	5,21
total	99,78	100,25	98,90	99,54	99,60	99,72	100,21	100,30
CO ₂	1,09	0,10	3,16	0,13	0,11	0,14	0,39	0,40
S	0,17	0,01	0,08	0,01	0,01	0,78	0,16	0,10
Fe ₂ O ₃	1,25	1,69	0,45	1,54	0,78	1,38	0,34	1,30
FeO	10,12	13,69	3,68	12,47	6,32	11,18	2,73	10,53
Mg#	61,22	78,72	61,74	78,52	82,58	37,30	86,88	66,27
Cr#	55,98	0,67	77,26	0,17	2,19	0,05	15,19	59,77
Cr/Fe	1,08	0,03	0,88	0,01	0,02	0,00	0,08	1,54
ppm								
Cr	155000	1100	162000	202	1700	35	6100	165000
Ni	2800	214	3100	134	904	138	1600	1600
Cu	665	17	53	33	14	480	41	931
Zn	331	63	964	40	79	80	80	458
Co	192	42	350	40	73	57	124	196
Au	60	n.d.	8	n.d.	n.d.	n.d.	5	28
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
As	2	n.d.	36	n.d.	n.d.	n.d.	2	2
Se	10	n.d.	10	n.d.	n.d.	n.d.	10	10
Sb	6,6	n.d.	4,5	n.d.	n.d.	n.d.	0,6	4
Te	10	10	10	10	10	10	10	10
Bi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ba	5	29	2	39	16	176	8	3
Be	1	1	1	1	1	1	1	1
Br	1	n.d.	1	n.d.	n.d.	n.d.	1	1
Cd	2	2	2	2	2	2	2	2
Ce	5	5	5	5	29	26	5	5
Cs	1	n.d.	1	n.d.	n.d.	n.d.	1	1
Dy	1	1	1	1	1	3	1	1
Eu	5	5	5	5	5	5	5	5
Ga	25	12	11	13	11	22	4	24
La	2	2	2	2	13	11	2	2
Li	1	16	1	4	1	8	1	4
Mo	4	4	8	4	4	4	4	4
Nb	3	3	3	3	3	5	3	3
Nd	25	25	25	25	25	25	25	25
Pb	12	12	12	12	12	12	12	12
Pr	10	10	10	10	10	10	10	10
Rb	3	5	5	5	5	5	3	3
Sc	16	36	7	54	21	46	13	17
Sm	2	2	2	2	2	2	2	2
Sa	10	10	10	10	10	10	10	10
Sr	7	96	3	79	203	256	16	5
Ta	5	5	5	5	5	5	5	5
Th	10	10	19	10	10	10	10	10
Tm	2	n.d.	2	n.d.	n.d.	n.d.	2	2
U	0,2	n.d.	0,2	n.d.	n.d.	n.d.	0,2	0,2
V	591	121	328	89	109	249	66	649
W	1	n.d.	1	n.d.	n.d.	n.d.	1	1
Y	5	7	3	5	12	45	4	6
Zr	11	18	4	7	64	136	8	10
ppb								
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ru	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Rh	46	6	10	7	9	8	n.d.	11
Pt	315	n.d.	31	23	n.d.	n.d.	n.d.	45
Pd	1200	6	169	n.d.	n.d.	8	8	177

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	97-MH-7485	97-MH-7487	97-MH-7503-A	97-MH-7503-B2	97-MH-7504-A	97-MH-7507-B	97-MH-7513	98-MH-4083-A
Lithologie	Chr Sil	Harzb	Harzb	Chr	Chr	Chr Sil	Lherz (Pc)	Gab (D)
# analyse	97015188	97015051	97015052	97015179	97015180	97015181	97015053	98018763
%								
SiO ₂	20,90	37,50	38,40	12,50	12,90	19,00	37,60	48,30
Al ₂ O ₃	7,78	2,04	0,94	9,46	10,40	5,47	1,44	14,50
Fe ₂ O ₃	22,60	11,30	9,15	20,00	22,60	30,70	11,50	11,80
Cr ₂ O ₃	16,60	0,83	0,52	37,50	34,10	20,00	0,18	0,05
MgO	23,20	33,90	36,50	16,20	15,80	18,10	34,70	7,64
CaO	0,02	0,15	0,02	0,02	0,02	0,14	1,74	10,70
MnO	0,45	0,11	0,06	0,31	0,45	0,44	0,12	0,22
Na ₂ O	0,10	0,10	0,10	0,14	0,10	0,10	0,10	1,67
K ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	1,13
TiO ₂	0,21	0,07	0,04	0,18	0,16	0,37	0,06	0,93
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,07
V ₂ O ₅	0,08	0,01	0,01	0,11	0,10	0,10	0,01	0,06
PAF	7,67	14,00	14,30	3,59	3,71	4,94	12,70	2,34
total	99,63	100,03	100,06	100,03	100,36	99,39	100,17	99,41
CO ₂	1,79	5,18	4,25	0,07	0,07	0,28	3,15	0,19
S	0,10	0,07	0,73	0,01	0,01	0,03	0,15	0,07
Fe ₂ O ₃	0,78	0,20	0,09	0,95	1,04	0,55	0,14	1,45
FeO	6,30	1,65	0,76	7,66	8,42	4,43	1,17	11,74
Mg#	69,31	86,84	89,77	64,06	60,60	56,47	86,91	58,75
Cr#	58,86	21,44	27,06	72,67	68,74	71,03	7,73	0,23
Cr/Fe	0,77	0,08	0,06	1,97	1,59	0,68	0,02	0,00
ppm								
Cr	121000	5000	3400	210000	234000	131000	1200	303
Ni	2900	1700	3600	968	808	2700	1700	150
Cu	22	9	181	50	36	18	108	77
Zn	667	68	30	381	543	963	55	77
Co	301	120	177	172	178	302	138	50
Au	5	n.d.	n.d.	5	5	230	n.d.	n.d.
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.a
As	5	n.d.	n.d.	7	5	2100	n.d.	3
Se	11	n.d.	n.d.	10	24	10	n.d.	n.d.
Sb	5,1	n.d.	n.d.	1,2	1	36	n.d.	0,5
Te	10	10	10	10	10	10	10	n.d.
Bi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ba	4	5	2	5	6	2	3	280
Bc	1	1	1	1	1	1	1	n.d.
Br	1	n.d.	n.d.	1	1	1	n.d.	n.d.
Cd	2	2	2	2	2	32	2	n.d.
Ce	5	5	5	5	5	5	5	7
Cs	1	n.d.	n.d.	1	1	1	n.d.	n.d.
Dy	1	1	1	3	1	1	1	n.d.
Eu	5	5	5	5	5	5	5	n.d.
Ga	16	4	3	21	17	13	3	16
La	2	2	2	2	2	2	2	4
Li	1	1	1	13	12	1	1	13
Mo	4	4	4	10	9	4	4	n.d.
Nb	3	3	3	3	3	3	3	n.d.
Nd	25	25	25	158	152	70	25	n.d.
Pb	12	12	12	12	12	12	12	n.d.
Pr	10	10	10	10	10	10	10	n.d.
Rb	4	3	3	3	3	3	3	27
Sc	10	11	9	8	8	9	10	40
Sm	2	2	2	2	2	2	2	n.d.
Sn	10	10	10	10	10	10	10	n.d.
Sr	3	3	3	3	3	3	11	143
Ta	5	5	5	5	5	5	5	n.d.
Th	11	10	10	14	13	18	10	n.d.
Tm	2	n.d.	n.d.	2	2	7	n.d.	n.d.
U	0,2	n.d.	n.d.	0,2	0,2	0,4	n.d.	n.d.
V	350	58	27	566	504	510	30	256
W	1	n.d.	n.d.	2	2	1	n.d.	2
Y	3	3	3	3	3	3	3	19
Zr	6	6	6	6	7	7	6	53
ppb								
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ru	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Rh	24	9	n.d.	n.d.	7	66	22	n.a.
Pt	94	6	35	19	15	163	n.d.	n.a.
Pd	398	16	85	55	35	617	25	n.a.

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	98-MH-7443	98-MH-7463	98-MH-7490-A	98-MH-7499	98-MH-7507-C	88-18-B23 (138)	88-18-B29 (175)	88-18-B5 (34)
Lithologie	Harzb	Gab (D)	Pyrox à MG (D)	Webst Ol	Pyrox à MG (D)	Lherz (Pc)	Lherz à chro	Webst Ol
# analysc	98018752	98018759	98018755	98018753	98018757	97015055	97015054	97015058
%								
SiO ₂	37,20	48,60	26,20	41,50	24,70	38,00	37,60	42,30
Al ₂ O ₃	3,33	13,50	15,30	1,32	15,30	4,25	3,36	4,49
Fe ₂ O ₃	9,70	15,60	22,00	7,77	28,00	11,40	10,60	11,80
Cr ₂ O ₃	0,33	0,03	0,08	1,03	0,06	0,42	2,32	0,38
MgO	25,90	5,94	24,30	35,80	21,00	31,90	27,10	28,00
CaO	8,89	7,65	0,13	0,02	0,02	2,11	4,75	2,73
MnO	0,18	0,25	0,23	0,06	0,16	0,18	0,11	0,15
Na ₂ O	0,10	3,80	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	0,13
K ₂ O	0,01	0,37	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,06	1,43	1,45	0,02	1,25	0,12	0,15	0,16
P ₂ O ₅	0,01	0,11	0,17	0,01	0,07	0,02	0,03	0,01
V ₂ O ₅	0,01	0,08	0,07	0,01	0,09	0,01	0,02	0,01
PAP	13,80	2,07	9,50	12,30	8,91	11,40	13,10	9,03
total	99,52	99,43	99,54	99,95	99,67	99,94	99,25	99,20
CO ₂	9,17	0,30	0,23	1,38	0,15	1,52	8,08	1,66
S	0,52	0,14	< 0,01	0,12	< 0,01	0,05	0,25	0,14
Fe ₂ O _{3c}	0,33	1,35	1,53	0,13	1,53	0,43	0,34	0,45
FeO _c	2,70	10,93	12,39	1,07	12,39	3,44	2,72	3,64
Mg#	85,45	45,59	70,85	91,02	62,27	86,03	84,91	83,92
Cr#	6,23	0,15	0,35	34,35	0,26	6,22	31,65	5,37
Cr/Fc	0,04	0,00	0,00	0,14	0,00	0,04	0,23	0,03
ppm								
Cr	2300	151	448	5800	358	2700	16000	2400
Ni	1100	90	278	1600	291	1400	1300	1200
Cu	248	113	n.d.	5	n.d.	4	470	62
Zn	47	94	65	58	83	66	75	70
Co	120	55	105	114	168	127	109	125
Au	6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	n.d.	n.d.
As	2	2	3	10	2	n.d.	n.d.	n.d.
Se	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sb	1,1	0,5	0,1	1	0,3	n.d.	n.d.	n.d.
Te	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	10	10
Bi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ba	1	121	4	5	4	8	2	3
Be	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1	1	1
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2	2	2
Ce	n.d.	13	7	n.d.	23	5	5	5
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dy	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1	1	1
Eu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5	5	5
Ga	4	19	13	n.d.	12	5	7	6
La	n.d.	5	3	n.d.	12	2	2	2
Li	n.d.	13	18	4	2	1	1	1
Mo	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4	4	4
Nb	n.d.	4	n.d.	n.d.	3	3	3	3
Nd	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	25	25	25
Pb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	12	12	12
Pr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	10	10
Rb	n.d.	7	3	n.d.	n.d.	3	5	3
Sc	13	47	68	9	70	11	14	20
Sm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2	2	2
Sn	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	10	10
Sr	n.d.	386	4	3	n.d.	12	61	16
Ta	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5	5	5
Th	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	10	10
Tm	2	2	2	3	4	n.d.	n.d.	n.d.
U	n.d.	0,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V	55	328	294	62	367	49	120	87
W	n.d.	1	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Y	7	28	11	n.d.	24	5	3	6
Zr	9	81	76	7	60	10	17	13
ppb								
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ru	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Rh	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	7	9	7
Pt	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	11	28
Pd	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	23	n.d.

Tableau B.1 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	88-18-B8 (56)	88-18-B9 (60)	88-18-B13 (75)	88-2-B9 (52)	88-8-B15 (85)	97-CD-5638-B	97-CD-5639-B	88-8-B6 (32)
Lithologie	Webst Ol	Webst Ol	Pyrox (D)	Gab (D)	Gab (D)	S-22	S-1	Ton
# analyse	97015057	97015056	97015060	97015066	97015067	97015124	97015126	97015068
%								
SiO ₂	47,30	45,00	51,20	48,70	48,00	4,20	17,90	74,60
Al ₂ O ₃	5,07	3,50	4,45	14,50	14,80	1,72	1,05	13,70
Fe ₂ O ₃	9,73	9,96	7,16	12,70	13,80	63,30	42,80	0,97
Cr ₂ O ₃	0,50	0,56	0,16	0,04	0,04	n.a.	0,15	0,01
MgO	25,70	26,20	23,60	8,37	7,92	4,73	19,00	0,54
CaO	4,91	4,09	7,14	9,44	9,77	1,10	1,19	1,08
MnO	0,13	0,17	0,14	0,19	0,18	0,03	0,14	0,04
Na ₂ O	0,17	0,10	0,10	1,67	1,30	n.d.	n.d.	3,58
K ₂ O	0,02	0,01	0,02	0,28	1,11	0,05	0,01	4,21
TiO ₂	0,16	0,23	0,41	0,89	0,75	0,24	0,07	0,10
P ₂ O ₅	0,01	0,03	0,28	0,06	0,05	0,18	0,01	0,03
V ₂ O ₅	0,01	0,02	0,01	0,04	0,04	n.a.	n.a.	0,01
PAF	5,85	10,10	4,75	2,76	2,58	13,30	12,00	1,31
total	99,56	99,97	99,42	99,64	100,34	88,85	94,32	100,18
CO ₂	0,10	4,94	0,13	0,12	0,15	1,14	6,40	0,65
S	0,26	0,14	0,01	0,01	0,11	18,00	3,56	0,01
Fe ₂ O _{3c}	0,51	0,35	0,45	1,45	1,48	-	-	1,37
FeO _c	4,11	2,83	3,60	11,74	11,99	-	-	11,09
Mg#	85,32	85,27	87,88	59,18	55,81	-	-	55,05
Cr#	6,20	9,69	2,35	0,18	0,18	-	-	-
Cr/Fc	0,05	0,06	0,02	0,00	0,00	-	-	-
ppm								
Cr	3100	3600	1100	260	286	92	1500	20
Ni	983	781	1200	130	149	2,53%	1,55%	3
Cu	94	41	1	79	80	2,87%	2,36%	1
Zn	67	68	78	61	74	12	7	22
Co	107	97	69	52	56	2300	503	3
Au	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,39	0,21	n.d.
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2,7	4,2	n.d.
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	720	43	n.d.
Se	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13	n.d.	n.d.
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	15	5,2	n.d.
Tc	10	10	10	10	10	n.d.	n.d.	10
Bi	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ba	2	2	2	49	93	7	6	648
Be	1	1	1	1	1	n.d.	n.d.	2
Br	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1	n.d.	n.d.
Cd	2	2	2	2	2	2	n.d.	2
Ce	5	5	41	10	8	7	n.d.	48
Cs	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dy	1	1	1	1	1	4	n.d.	1
Eu	5	5	5	5	5	n.d.	n.d.	5
Ga	7	6	9	16	15	3	3	16
La	2	2	24	3	3	11	n.d.	30
Li	1	1	13	19	16	2	2	4
Mo	4	4	4	4	4	7	54	4
Nb	3	3	9	3	3	n.d.	n.d.	12
Nd	25	25	28	25	25	n.d.	n.d.	25
Pb	12	12	12	12	12	n.d.	n.d.	37
Pr	10	10	10	10	10	n.d.	n.d.	10
Rb	3	3	3	9	47	8	5	129
Sc	19	19	13	43	42	8	11	3
Sm	2	2	2	2	2	n.d.	n.d.	2
Sr	10	10	10	10	10	n.d.	n.d.	10
Sr	7	41	32	171	133	19	12	120
Ta	5	5	5	5	5	n.d.	n.d.	5
Th	10	10	10	10	10	54	20	14
Tm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7	5	n.d.
U	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,3	n.d.	n.d.
V	83	82	82	255	227	n.d.	21	4
W	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3	n.d.	n.d.
Y	7	6	11	23	16	6	3	13
Zr	14	23	77	58	45	74	13	80
ppb								
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,85	36	n.a.
Ir	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	21,5	40,1	n.a.
Ru	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	26,4	119	n.a.
Rh	7	n.d.	7	7	8	197	105	n.d.
Pt	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	8	196	580	n.d.
Pd	n.d.	7	n.d.	n.d.	10	1909	2723	n.d.

ANNEXE B.2

ANALYSES DES COUPES DÉTAILLÉES

Tableau B.2 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (INRS-Géoresources).

Echantillon	97-MH-7371-01	97-MH-7371-02	97-MH-7371-03	97-MH-7371-04	97-MH-7371-05	97-MH-7371-07	97-MH-7371-08
Lithologie	Webst	Harzb à chro	Harzb	Harzb à chro	Chr Sil	Harzb à chro	Chr Sil
# analyse	HR981-7371-01	HR981-7371-02	HR981-7371-03	HR981-7371-04	HR981-7371-05	HR981-7371-07	HR981-7371-08
%							
SiO ₂	54,20	35,03	39,90	35,09	18,30	39,20	10,90
Al ₂ O ₃	1,63	2,49	2,07	3,98	10,90	2,05	13,00
Fe ₂ O ₃	7,27	13,37	8,89	14,49	24,40	13,30	29,50
Cr ₂ O ₃	0,44	2,86	0,66	5,34	20,40	1,26	29,60
MgO	21,30	28,39	33,00	29,18	18,30	31,10	12,60
CaO	10,10	1,52	1,07	0,91	0,51	0,55	0,32
MnO	0,16	0,13	0,05	0,18	0,37	0,09	0,47
Na ₂ O	0,10	0,01	0,10	0,01	0,10	0,10	0,10
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,09	0,22	0,06	0,16	0,38	0,07	0,49
P ₂ O ₅	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PAF	3,92	13,14	12,90	11,21	5,52	11,10	2,96
total	99,23	97,19	98,72	100,58	99,20	98,84	99,96
S	n.d.	0,78	n.d.	0,36	n.d.	n.d.	n.d.
Fe ₂ O ₃	0,73	1,34	0,89	1,45	2,44	1,33	2,95
FeO	5,89	10,82	7,20	11,74	19,76	10,77	23,89
Mg#	86,57	82,37	89,09	81,58	62,27	83,73	48,45
Cr#	15,33	43,53	17,62	47,35	55,66	29,19	60,43
Cr/Fc	0,06	0,23	0,08	0,39	0,88	0,10	1,05
ppm							
Ni	785,80	2136,67	2435,98	1537,31	259,40	2507,30	824,60
Cu	25,12	1431,03	2780,62	316,62	4,17	37,40	18,20
Zn	61,25	106,48	20,58	148,18	128,30	15,40	174,30
Co	97,25	211,01	159,66	155,46	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	6,50	4,39	3,03	3,63	3,11	3,34	3,20
Cd	1,24	1,23	1,31	1,25	n.d.	n.d.	n.d.
Mo	2,93	3,96	1,60	2,65	n.d.	n.d.	n.d.
Sc	9,82	11,95	11,57	12,12	n.d.	n.d.	n.d.
Sr	115,63	60,44	52,57	30,97	56,40	65,05	63,21
Cs	n.d.	n.d.	0,03	0,03	0,04	0,14	0,01
Pb	13,02	8,07	11,96	6,48	5,63	9,71	3,20
Rb	0,27	0,50	0,43	0,82	2,65	1,73	5,36
Th	0,20	0,19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
U	0,06	0,14	0,04	0,04	0,05	0,13	0,07
V	39,29	131,75	51,15	198,71	579,20	62,30	982,80
Y	3,12	2,64	2,18	2,42	0,64	1,38	0,17
Zr	7,23	25,53	19,94	10,60	n.d.	n.d.	n.d.
La	0,48	0,47	0,49	0,43	0,32	0,75	0,13
Ce	1,65	1,24	1,14	1,07	0,78	1,38	0,30
Pr	0,29	0,18	0,15	0,15	0,11	0,18	0,05
Nd	1,48	0,93	0,68	0,70	0,44	0,82	0,20
Sm	0,44	0,31	0,20	0,22	0,12	0,25	
Eu	0,15	0,07	0,08	0,08	0,05	0,06	0,03
Gd	0,56	0,45	0,30	0,33		0,26	
Tb	0,10	0,08	0,05	0,06	0,03	0,05	0,02
Dy	0,60	0,51	0,38	0,41	0,19	0,34	0,11
Ho	0,13	0,11	0,09	0,09	0,04	0,08	0,02
Er	0,42	0,32	0,25	0,26	0,13	0,22	0,08
Tm	0,07	0,05	0,04	0,04	0,02	0,03	0,01
Yb	0,44	0,27	0,23	0,24	0,13	0,23	0,07
Lu	0,07	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,01
ppb							
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.d.	6,58	6,79	n.d.	25,97	8,54	22,84
Ru	4,14	32,36	18,54	24,26	109,79	17,61	133,97
Rh	5,68	44,51	53,18	41,04	92,92	86,09	132,03
Pt	58,22	37,14	193,53	126,20	237,45	310,01	365,56
Pd	49,37	348,20	940,81	523,37	1348,00	1476,37	1484,44

Tableau B.2 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Échantillon	97-MH-7371-10	97-MH-7371-12	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-14	97-MH-7371-15	97-MH-7371-16	97-MH-7371-17
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr Sil	Chr Sil	Harzb à chro	harzb à chro	Harzb à chro
# analyse	HR981-7371-10	HR981-7371-12	HR981-7371-13A	HR981-7371-14	HR981-7371-15	HR981-7371-16	HR981-7371-17
%							
SiO ₂	36,50	30,90	15,40	15,60	29,40	27,20	34,93
Al ₂ O ₃	2,97	6,70	13,30	12,60	6,85	7,69	4,81
Fe ₂ O ₃	13,60	14,20	19,70	21,30	16,20	17,50	12,03
Cr ₂ O ₃	2,48	9,15	24,90	27,30	11,50	13,70	6,59
MgO	29,90	26,90	16,80	15,80	26,30	24,60	30,26
CaO	1,19	0,97	2,23	1,69	0,45	0,25	0,47
MnO	0,16	0,14	0,19	0,27	0,18	0,22	0,17
Na ₂ O	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
K ₂ O	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01
TiO ₂	0,22	0,21	0,36	0,33	0,18	0,21	0,16
P ₂ O ₅	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PAF	12,00	9,71	5,96	4,45	8,25	7,43	10,44
total	99,16	99,00	98,96	99,46	99,44	98,95	99,88
S	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,24
Fe ₂ O _{3c}	1,36	1,42	1,97	2,13	1,62	1,75	1,20
FeO _c	11,01	11,50	15,95	17,25	13,12	14,17	9,74
Mg#	82,87	80,65	65,23	62,01	78,13	75,57	84,70
Cr#	35,90	47,81	55,67	59,24	52,96	54,44	47,87
Cr/Fc	0,19	0,68	1,33	1,35	0,75	0,82	0,58
ppm							
Ni	1331,25	1208,39	1404,00	0,00	2061,03	1374,00	1214,96
Cu	152,12	25,78	77,70	1,30	1702,20	22,08	619,33
Zn	138,60	173,39	92,50	123,80	219,88	351,75	187,40
Co	168,13	103,37	n.d.	n.d.	128,59	101,18	117,19
Ba	5,42	3,46	5,64	5,60	4,06	9,71	8,72
Cd	1,29	0,91	n.d.	n.d.	0,78	0,88	1,13
Mo	2,36	2,25	n.d.	n.d.	3,21	2,76	3,16
Sc	14,22	10,91	n.d.	n.d.	11,77	11,83	12,97
Sr	34,78	13,87	63,53	51,70	9,54	6,58	5,55
Cs	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	n.d.	n.d.
Pb	7,05	6,11	2,96	1,69	8,64	6,37	6,42
Rb	0,88	1,30	3,13	4,27	1,35	2,08	1,51
Tb	0,28	n.d.	n.d.	n.d.	0,13	0,18	0,11
U	0,11	0,04	0,11	0,06	0,03	0,06	0,05
V	136,91	287,26	712,00	673,10	304,76	302,09	210,07
Y	3,81	1,75	1,92	1,83	2,38	2,74	2,72
Zr	26,24	8,74	n.d.	n.d.	13,14	11,44	13,94
La	0,57	0,38	0,64	0,42	0,28	0,28	0,68
Ce	1,47	0,77	1,43	1,04	0,89	0,88	1,58
Pr	0,22	0,10	0,19	0,17	0,13	0,14	0,23
Nd	1,05	0,43	0,85	0,85	0,66	0,71	1,07
Sm	0,36	0,14	0,26	0,29	0,17	0,23	0,31
Eu	0,09	0,04	0,20	0,06	0,03	0,04	0,10
Gd	0,49	0,18	0,35	0,43	0,30	0,32	0,35
Tb	0,10	0,03	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06
Dy	0,69	0,23	0,45	0,51	0,35	0,46	0,48
Ho	0,15	0,05	0,10	0,11	0,08	0,10	0,10
Er	0,46	0,15	0,31	0,31	0,24	0,29	0,31
Tm	0,07	0,02	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
Yb	0,41	0,13	0,29	0,27	0,20	0,26	0,27
Lu	0,07	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
ppb							
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	3,94	7,69	34,74	31,02	17,14	12,64	n.d.
Ru	23,08	60,97	157,06	154,70	94,43	71,11	38,43
Rh	16,40	23,76	75,27	83,96	60,63	29,30	16,59
Pt	56,95	42,71	154,39	201,61	110,34	56,12	53,51
Pd	98,58	148,53	796,84	674,47	508,05	168,48	115,69

Tableau B.2 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	97-MH-7371-18	97-MH-7371-19	97-MH-7371-20	97-MH-7371-21	97-MH-7371-22	97-MH-7374-01	97-MH-7374-02
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz	Webst	Lherz	Harzb à chro	Harzb à chro
# analyse	HR981-7371-18	HR981-7371-19	HR981-7371-20	HR981-7371-21	HR981-7371-22	HR981-7374-01	HR981-7374-02
%							
SiO ₂	38,80	38,61	40,23	45,78	38,27	38,07	29,00
Al ₂ O ₃	3,42	3,02	2,34	7,07	3,13	3,46	6,31
Fe ₂ O ₃	11,70	10,38	12,02	9,19	11,13	9,94	16,80
Cr ₂ O ₃	1,05	0,83	0,81	0,25	1,91	2,88	10,40
MgO	31,70	31,02	33,17	23,01	32,62	31,74	26,40
CaO	2,77	2,80	1,35	7,83	1,15	0,66	0,56
MnO	0,11	0,13	0,20	0,25	0,18	0,10	0,26
Na ₂ O	0,10	0,01	0,01	0,39	0,01	0,00	0,10
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,06	0,02	0,00	0,01
TiO ₂	0,08	0,08	0,21	0,42	0,13	0,12	0,20
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,02	0,27	0,02	0,01	0,01
PAF	9,58	13,43	10,83	6,60	11,14	11,97	9,03
total	99,33	100,33	101,21	101,13	99,70	98,96	99,08
S	n.d.	0,70	0,12	0,11	0,11	0,13	n.d.
Fe ₂ O _{3c}	1,17	1,04	1,20	0,92	1,11	0,99	1,68
FeO _c	9,47	8,41	9,73	7,44	9,01	8,05	13,60
Mg#	85,63	86,80	85,86	84,64	86,57	87,54	77,57
Cr#	17,07	15,61	18,87	2,33	29,08	35,84	52,50
Cr/Fe	0,09	0,08	0,07	0,03	0,18	0,30	0,65
ppm							
Ni	2484,60	1801,51	1663,80	996,31	1724,09	1580,30	1188,10
Cu	28,30	317,45	124,22	22,67	5,49	49,31	2,00
Zn	25,20	65,97	87,27	69,29	111,08	83,41	76,60
Co	n.d.	157,99	170,78	86,41	170,71	145,90	n.d.
Ba	6,73	4,35	5,01	6,29	5,00	2,59	3,43
Cd	n.d.	1,37	1,58	1,55	1,39	1,18	n.d.
Mo	n.d.	3,44	3,54	3,48	3,83	2,78	n.d.
Sc	n.d.	12,93	16,05	20,05	13,53	13,05	n.d.
Sr	42,15	23,70	5,66	186,86	4,90	11,81	47,29
Cs	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pb	7,47	4,94	4,55	5,77	9,75	6,11	2,01
Rb	1,75	0,38	0,42	0,35	0,56	0,77	2,05
Th	0,35	n.d.	0,16	2,90	n.d.	n.d.	n.d.
U	0,11	0,03	0,06	0,69	0,03	0,04	0,07
V	86,50	52,20	87,10	108,49	97,09	118,87	355,60
Y	2,66	2,42	4,01	11,13	2,52	2,38	1,07
Zr	n.d.	10,61	17,46	76,01	11,20	10,03	n.d.
La	0,55	0,81	0,75	14,27	0,49	0,29	0,27
Ce	1,50	1,43	1,63	30,94	1,04	0,77	0,70
Pr	0,21	0,16	0,22	3,87	0,14	0,10	0,10
Nd	1,02	0,80	1,02	15,63	0,64	0,48	0,48
Sm	0,36	0,21	0,36	2,98	0,21	0,16	0,18
Eu	0,14	0,07	0,10	0,92	0,10	0,06	0,05
Gd	0,49	0,30	0,50	2,63	0,31	0,22	0,22
Tb	0,09	0,06	0,10	0,37	0,06	0,04	0,04
Dy	0,61	0,42	0,75	2,28	0,42	0,38	0,31
Ho	0,14	0,09	0,16	0,45	0,09	0,09	0,07
Er	0,42	0,25	0,45	1,15	0,25	0,26	0,21
Tm	0,06	0,04	0,07	0,17	0,04	0,04	0,03
Yb	0,37	0,27	0,42	1,08	0,26	0,24	0,20
Lu	0,06	0,04	0,07	0,16	0,04	0,04	0,03
ppb							
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3,36	11,23
Ru	11,10	6,93	6,50	1,19	11,23	20,26	70,00
Rh	12,54	6,13	1,81	n.d.	4,71	8,34	27,84
Pt	77,78	20,74	3,88	4,22	12,02	28,52	63,66
Pd	150,96	40,96	3,69	3,44	23,00	64,22	185,18

Tableau B.2 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	97-MH-7374-03	97-MH-7374-04	97-MH-7374-05	97-MH-7374-06	97-MH-7374-07	97-MH-7374-08	97-MH-7374-10
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Lberz à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr Sil	Chr Sil
# analyse	HR981-7374-03	HR981-7374-04	HR981-7374-05	HR981-7374-06	HR981-7374-07	HR981-7374-08	HR981-7374-10
%							
SiO ₂	35,90	30,30	35,28	31,46	31,60	13,90	13,80
Al ₂ O ₃	3,88	5,55	3,57	5,08	5,64	13,00	13,10
Fe ₂ O ₃	14,20	17,80	11,97	14,82	13,90	22,70	22,80
Cr ₂ O ₃	4,43	8,79	4,03	7,51	8,02	29,50	28,80
MgO	30,50	26,70	31,22	28,86	28,20	15,40	15,60
CaO	0,03	0,48	0,79	0,77	1,01	0,74	0,76
MnO	0,13	0,25	0,11	0,16	0,15	0,36	0,33
Na ₂ O	0,10	0,10	0,01	0,01	0,10	0,10	0,10
K ₂ O	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	0,14	0,19	0,13	0,18	0,17	0,33	0,34
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
PAF	10,20	9,13	11,64	10,13	10,20	4,17	4,14
total	99,53	99,31	98,77	99,00	99,01	100,22	99,79
S	n.d.	n.d.	0,09	0,11	n.d.	n.d.	n.d.
Fe ₂ O ₃	1,42	1,78	1,20	1,48	1,39	2,27	2,28
FeO	11,50	14,41	9,70	12,01	11,26	18,38	18,46
Mg#	82,53	76,75	85,16	81,07	81,70	59,88	60,09
Cr#	43,37	51,51	43,06	49,78	48,81	60,35	59,59
Cr/Fe	0,33	0,52	0,35	0,53	0,61	1,37	1,33
ppm							
Ni	1482,90	1171,10	1339,19	1409,12	1354,60	508,10	194,30
Cu	7,16	0,22	331,01	602,52	2,88	0,00	2,64
Zn	39,50	60,10	100,88	179,75	54,90	127,20	125,00
Co	n.d.	n.d.	117,56	141,21	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	2,53	3,79	3,42	2,88	4,14	14,48	169,64
Cd	n.d.	n.d.	1,18	1,15	n.d.	n.d.	n.d.
Mo	n.d.	n.d.	3,98	2,97	n.d.	n.d.	n.d.
Sc	n.d.	n.d.	11,81	11,97	n.d.	n.d.	n.d.
Sr	35,03	49,28	11,40	14,08	54,17	48,28	62,94
Cs	0,04	n.d.	n.d.	n.d.	0,05	n.d.	n.d.
Pb	2,78	5,20	5,89	9,81	1,35	1,03	2,03
Rb	1,61	2,10	1,01	1,55	1,61	3,82	3,62
Th	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
U	0,05	n.d.	0,05	0,04	n.d.	0,09	0,76
V	180,40	221,50	149,65	264,27	247,00	674,10	626,00
Y	1,53	1,34	1,98	1,95	1,47	1,18	1,99
Zr	n.d.	n.d.	12,97	11,97	n.d.	n.d.	n.d.
La	0,23	0,28	0,24	0,31	0,33	0,49	1,13
Ce	0,65	0,75	0,65	0,68	0,79	0,98	2,54
Pr	0,09	0,11	0,09	0,09	0,11	0,13	0,32
Nd	0,45	0,56	0,43	0,43	0,47	0,62	1,19
Sm	0,16	0,20	0,14	0,14	0,17	0,20	0,35
Eu	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,07	0,16
Gd	0,26	0,28	0,21	0,21	0,23	0,28	0,46
Tb	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,08
Dy	0,37	0,38	0,32	0,32	0,37	0,40	0,54
Ho	0,09	0,08	0,07	0,07	0,09	0,08	0,11
Er	0,25	0,24	0,24	0,22	0,25	0,25	0,31
Tm	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05
Yb	0,24	0,22	0,23	0,21	0,26	0,22	0,31
Lu	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
ppb							
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	6,40	10,57	3,58	n.d.	8,87	34,48	32,75
Ru	32,96	59,41	26,11	51,13	48,02	173,33	157,63
Rh	17,10	25,62	11,34	20,09	17,91	70,60	76,20
Pt	23,29	41,49	33,65	62,56	35,21	159,60	178,50
Pd	42,75	173,24	56,96	136,41	105,70	595,52	632,11

Tableau B.2 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (suite).

Echantillon	97-MH-7374-11	97-MH-7374-15	97-MH-7374-16	97-MH-7374-17	97-MH-7374-18	97-MH-7374-19	97-MH-7374-22
Lithologie	Harzb à chro	Lherz à chro	Harzb à chro	Chr Sil	Harzb	Lherz	Harzb à chro
# analyse	HR981-7374-11	HR981-7374-15	HR981-7374-16	HR981-7374-17	HR981-7374-18	HR981-7374-19	HR981-7374-22
%							
SiO ₂	29,40	32,93	34,30	19,50	38,30	37,61	37,10
Al ₂ O ₃	6,90	5,55	4,62	9,90	2,61	2,72	3,21
Fe ₂ O ₃	14,70	13,75	12,60	22,70	11,22	11,75	12,00
Cr ₂ O ₃	11,90	9,09	5,63	19,50	0,65	0,84	2,26
MgO	26,60	28,83	29,30	18,40	32,33	32,46	31,90
CaO	0,45	0,77	0,94	1,85	0,92	1,32	0,44
MnO	0,16	0,17	0,19	0,49	0,11	0,16	0,19
Na ₂ O	0,10	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	0,10
K ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
TiO ₂	0,19	0,20	0,18	0,30	0,11	0,11	0,12
P ₂ O ₅	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
PAF	8,66	10,05	10,90	6,62	12,17	12,67	11,50
total	99,08	101,37	98,79	99,38	98,43	99,65	98,84
S	n.d.	0,08	n.d.	n.d.	0,31	0,19	n.d.
Fe ₂ O ₃	1,47	1,37	1,26	2,27	1,12	1,18	1,20
FeO _x	11,90	11,13	10,20	18,38	9,09	9,52	9,72
Mg#	79,92	82,19	83,65	64,07	86,38	85,87	85,40
Cr#	53,63	52,32	44,97	56,91	14,23	17,21	32,07
Cr/Fe	0,85	0,69	0,47	0,90	0,06	0,08	0,20
ppm							
Ni	1757,71	1537,64	1766,14	3105,50	1456,07	1487,96	1724,73
Cu	22,48	348,18	633,67	2,71	74,04	14,98	21,06
Zn	190,68	209,38	156,01	173,80	44,00	88,15	126,14
Co	117,96	124,27	130,08	n.d.	142,72	165,01	172,19
Ba	3,82	3,47	3,35	2,96	2,70	2,65	2,70
Cd	0,90	0,92	1,12	n.d.	1,36	1,41	1,37
Mo	3,97	3,49	4,20	n.d.	2,60	3,53	2,96
Sc	12,10	11,94	11,54	n.d.	11,83	12,58	12,77
Sr	9,75	11,62	15,93	58,38	10,76	12,56	4,34
Cs	n.d.	0,01	n.d.	n.d.	n.d.	0,01	0,03
Pb	9,48	6,20	11,70	1,13	8,88	10,50	12,17
Rb	1,68	2,05	1,51	2,60	0,46	0,38	0,74
Th	0,15	0,22	0,20	n.d.	n.d.	n.d.	0,13
U	0,03	0,06	0,07	0,05	0,04	0,03	0,05
V	323,47	283,84	194,99	578,30	54,64	70,35	119,98
Y	2,15	2,95	3,02	1,24	2,42	2,33	2,35
Zr	12,83	18,38	17,39	n.d.	12,58	8,51	10,32
La	0,33	0,44	0,51	0,42	0,30	0,28	0,34
Ce	0,82	1,27	1,51	1,03	0,88	0,77	0,88
Pr	0,11	0,18	0,22	0,15	0,12	0,11	0,13
Nd	0,52	0,90	1,07	0,64	0,63	0,53	0,58
Sm	0,16	0,27	0,36	0,20	0,20	0,18	0,19
Eu	0,05	0,07	0,09	0,05	0,07	0,08	0,06
Gd	0,22	0,38	0,43	0,29	0,29	0,27	0,24
Tb	0,04	0,07	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05
Dy	0,32	0,52	0,57	0,33	0,36	0,36	0,38
Ho	0,08	0,11	0,12	0,08	0,09	0,09	0,08
Er	0,24	0,34	0,34	0,22	0,28	0,27	0,25
Tm	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Yb	0,20	0,30	0,30	0,20	0,25	0,23	0,24
Lu	0,03	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04
ppb							
Os	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ir	10,27	n.d.	4,62	16,87	n.d.	n.d.	n.d.
Ru	56,25	49,00	38,39	102,00	4,99	7,34	15,46
Rh	27,55	24,18	18,71	62,84	2,92	2,33	4,57
Pt	74,58	57,43	49,57	189,83	12,85	5,98	13,15
Pd	254,79	149,10	177,68	649,11	48,19	8,95	31,46

ANNEXE B.3

ANALYSE DES TERRES RARES

Tableau B.3 Analyses lithogéochimiques pour les roches du CDM (INRS-Géoresources).

Échantillon Lithologie # analyses	97-MH-4083A	97-MH-4104A	97-MH-7382B	97-MH-7402A	97-MH-7421A	97-MH-7463A	97-MH-7490A	98-MH-7463	MK-88-18-B8
	Gab (D) 99-0980	Gab 99-0981	Gab (D) 99-0982	Gab 99-0983	Gab 99-0984	Pyrox (D) 99-0978	Pyrox à MQ (D) 99-0979	Gab (D) 99-0976	Webst à OI 99-0977
ppm									
Ca	0,09	0,26	0,06	0,03	0,04	0,10	0,07	0,26	0,21
Rb	26,25	5,48	1,56	2,46	1,51	1,69	0,27	5,12	0,77
Ba	241,46	32,65	11,73	19,00	23,54	14,16	1,08	100,06	2,29
Sr	157,45	150,43	149,41	122,47	101,08	216,05	2,14	431,82	17,35
Th	0,36	0,15	0,51	0,24	0,02	2,43	0,19	0,59	0,15
Ta	0,25	0,06	0,16	0,07	0,02	0,32	0,25	0,36	0,05
Nb	4,12	0,83	2,60	0,93	0,23	4,74	3,72	5,76	0,75
La	3,76	1,01	4,21	1,51	0,63	14,95	1,79	6,08	0,67
Ce	9,49	2,14	9,36	3,09	0,98	32,02	4,59	16,45	1,57
Pr	1,46	0,35	1,37	0,44	0,18	4,00	0,60	2,44	0,24
Nd	6,83	1,58	6,23	1,84	0,79	15,78	2,68	11,22	1,14
Zr	34,98	7,91	39,50	12,65	3,52	71,38	43,72	45,12	9,04
Hf	1,22	0,35	1,58	0,49	0,20	2,52	1,96	1,94	0,39
Sm	2,07	0,37	2,05	0,59	0,33	3,18	0,66	3,45	0,42
Eu	0,77	0,26	0,92	0,30	0,16	0,87	0,06	1,29	0,13
Gd	3,01	0,92	3,09	0,89	0,60	2,99	0,67	4,61	0,69
Tb	0,45	0,16	0,53	0,15	0,10	0,37	0,08	0,74	0,13
Y	15,26	5,63	20,28	5,41	3,86	11,19	2,17	24,58	4,41
Dy	2,99	1,10	3,76	1,05	0,74	2,29	0,50	5,00	0,88
Ho	0,61	0,23	0,78	0,22	0,15	0,43	0,10	1,03	0,19
Er	1,84	0,69	2,44	0,66	0,46	1,28	0,30	3,09	0,59
Tm	0,27	0,10	0,36	0,09	0,07	0,19	0,04	0,45	0,09
Vb	1,69	0,63	2,30	0,61	0,41	1,15	0,27	2,95	0,58
Lu	0,25	0,09	0,34	0,09	0,06	0,17	0,05	0,43	0,09

ANNEXE C

ANALYSES MINÉRALOGIQUES

ANALYSES MINÉRALOGIQUES À LA MICROSONDE
ET AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE

ANNEXE C

L'annexe C est divisée en huit sections distinctes : Annexe C.1 Pyroxène, C.2 Chromite, C.3 Serpentine, C.4 Chlorite, C.5 Amphibole, C.6 Carbonate, C.7 Sulfures, éléments majeurs et C.8 Sulfures, Éléments du Groupe du Platine.

ANNEXE C.1

ANALYSES DES PYROXÈNES

Tableau C.1 Composition des pyroxènes analysés à la microsonde électronique.

Echantillons	97-MH-7371-18	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7374-11
Point	1	2	2	1
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Harz à chro
Minéral	Cpx	Cpx	Cpx	Cpx
SiO ₂	53,723	51,713	54,758	55,046
TiO ₂	0,091	0,174	0,000	0,087
Al ₂ O ₃	2,522	3,295	0,032	0,187
Cr ₂ O ₃	0,877	1,218	0,000	0,403
Fe ₂ O ₃	0,009	1,374	0,645	0,000
MgO	20,581	16,421	17,823	17,190
CaO	16,464	21,911	25,410	25,070
MnO	0,208	0,118	0,043	0,130
FeO	5,317	2,701	0,944	2,332
NiO	0,000	0,000	0,000	0,088
Na ₂ O	0,215	0,392	0,030	0,026
K ₂ O	0,006	0,003	0,008	0,006
Total	100,013	99,320	99,693	100,565
Si	1,939	1,901	1,992	1,993
Ti	0,002	0,005	0,000	0,002
Al	0,107	0,143	0,001	0,008
Cr	0,025	0,035	0,000	0,012
Fe ³⁺	0,000	0,038	0,018	0,000
Mg	1,107	0,900	0,966	0,928
Ca	0,637	0,863	0,990	0,973
Mn	0,006	0,004	0,001	0,004
Fe ²⁺	0,160	0,083	0,029	0,071
Ni	0,000	0,000	0,000	0,003
Na	0,015	0,028	0,002	0,002
K	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	3,998	4,000	3,999	3,996
Al IV	0,061	0,099	0,001	0,007
Al VI	0,046	0,044	0,000	0,001
Mg#	87,37	91,56	97,09	92,89
En	58,14	48,75	48,66	47,06
Fs	8,40	4,50	1,46	3,60
Wo	33,46	46,75	49,87	49,34

ANNEXE C.2

ANALYSES DES CHROMITES

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique

Echantillons	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1,48	1,48	1,48	1,53	1,62	1,18	97-JC-5096-A
Forme	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1a-1	1a-1	1a-1	1a-1	1a-1	1a-1	1a-1
Lithologie	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll
Chromite	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Intermédiaire
SiO ₂	0,056	0,063	0,000	0,018	0,020	0,018	0,039	0,011	0,043	0,046	0,046	0,046	0,046	0,039	0,011	0,043	0,046
TiO ₂	0,555	0,456	0,515	0,520	0,561	0,561	0,667	0,723	0,679	0,339	0,339	0,339	0,339	0,723	0,679	0,679	0,339
Al ₂ O ₃	17,693	18,269	18,068	18,503	18,348	18,348	19,032	18,626	16,879	2,592	2,592	2,592	2,592	18,626	16,879	16,879	2,592
V ₂ O ₅	0,128	0,190	0,232	0,266	0,222	0,264	0,178	0,167	0,223	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,167	0,223	0,223	n.a.
Cr ₂ O ₃	44,535	45,583	43,974	46,045	44,083	43,726	43,327	44,327	43,181	34,000	34,000	34,000	34,000	44,327	43,181	43,181	34,000
Fe ₂ O ₃	5,986	5,606	5,931	5,960	5,810	6,172	5,974	6,106	5,939	29,444	29,444	29,444	29,444	5,974	6,106	5,939	29,444
MgO	8,119	10,264	7,142	10,927	7,857	8,899	8,999	9,720	3,424	0,132	0,132	0,132	0,132	8,999	9,720	3,424	0,132
MnO	0,422	0,328	0,493	0,312	0,473	0,404	0,367	0,367	0,712	1,233	1,233	1,233	1,233	0,404	0,367	0,367	1,233
FeO	22,309	19,135	23,882	18,305	23,014	22,310	21,695	20,427	29,374	30,271	30,271	30,271	30,271	21,695	20,427	29,374	30,271
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,054	0,051	0,092	0,063	0,152	0,041	0,076	0,073	0,097	0,092	0,092	0,092	0,092	0,073	0,097	0,097	0,092
ZnO	0,073	0,077	0,087	0,122	0,138	0,098	0,126	0,033	0,163	0,414	0,414	0,414	0,414	0,126	0,033	0,163	0,414
Total	99,931	100,028	100,442	100,592	100,841	100,821	100,838	100,584	100,718	98,563	98,563	98,563	98,563	100,838	100,584	100,718	98,563
Si	0,014	0,016	0,000	0,005	0,005	0,005	0,010	0,003	0,012	0,014	0,014	0,014	0,014	0,010	0,003	0,012	0,014
Ti	0,108	0,088	0,101	0,099	0,109	0,183	0,128	0,139	0,137	0,077	0,077	0,077	0,077	0,128	0,139	0,137	0,077
Al	5,418	5,494	5,538	5,385	5,614	5,543	5,721	5,590	5,322	0,925	0,925	0,925	0,925	5,543	5,721	5,322	0,925
V	0,027	0,039	0,053	0,054	0,046	0,054	0,034	0,034	0,048	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,034	0,034	0,048	n.a.
Cr	9,148	9,196	9,042	9,217	8,973	8,842	8,817	8,924	9,134	8,140	8,140	8,140	8,140	8,817	8,924	9,134	8,140
Fe ²⁺	1,170	1,076	1,161	1,135	1,126	1,191	1,147	1,170	1,196	6,709	6,709	6,709	6,709	1,147	1,170	1,196	6,709
Mg	3,145	3,904	2,769	4,124	3,016	3,282	3,383	3,690	1,366	0,060	0,060	0,060	0,060	3,282	3,690	1,366	0,060
Mn	0,093	0,071	0,109	0,067	0,103	0,088	0,087	0,079	0,161	0,316	0,316	0,316	0,316	0,087	0,079	0,161	0,316
Fe ³⁺	4,847	4,083	5,194	3,876	4,955	4,783	4,627	4,350	6,572	7,666	7,666	7,666	7,666	4,783	4,627	6,572	7,666
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,011	0,010	0,019	0,013	0,031	0,008	0,016	0,015	0,021	0,022	0,022	0,022	0,022	0,008	0,016	0,021	0,022
Zn	0,014	0,015	0,017	0,023	0,026	0,018	0,024	0,006	0,032	0,093	0,093	0,093	0,093	0,018	0,024	0,032	0,093
Total	23,995	23,992	24,003	23,998	24,004	23,997	23,996	24,000	24,001	24,022	24,022	24,022	24,022	23,996	24,000	24,001	24,022
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0,24	0,26	0,22	0,29	0,23	0,25	0,25	0,27	0,18	0,88	0,88	0,88	0,88	0,25	0,27	0,18	0,88
Cr/(Cr+Al)	62,80	62,60	62,02	63,12	61,51	61,47	60,65	61,49	63,18	89,80	89,80	89,80	89,80	60,65	61,49	63,18	89,80
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	39,35	48,88	34,77	51,55	37,84	40,69	42,23	45,90	17,21	0,78	0,78	0,78	0,78	40,69	45,90	17,21	0,78
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	7,44	6,82	7,38	7,21	7,17	7,65	7,31	7,46	7,64	42,53	42,53	42,53	42,53	7,65	7,31	7,46	42,53
Cr/(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,52	1,78	1,42	1,84	1,48	1,48	1,53	1,62	1,18	0,57	0,57	0,57	0,57	1,53	1,62	1,18	0,57

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5098-A		97-JC-5098-A		97-JC-5098-A		97-JC-5098-A		97-JC-5098-A		97-JC-5098-A		97-JC-5098-A	
	1a-2	1a-3	1a-4	1a-5	1a-6	1b-1	1b-2	1b-3	1b-4	1b-5	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz
Point	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz
Lithologie	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur
Chromite														
SiO ₂	0,039	0,002	0,019	0,019	0,048	0,039	0,007	0,017	0,025	0,008				
TiO ₂	0,331	0,905	0,901	0,739	0,098	0,271	0,335	1,015	1,132	1,124				
Al ₂ O ₃	4,988	13,572	13,489	13,492	0,000	0,338	2,483	12,890	12,880	12,811				
V ₂ O ₅	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.				
Cr ₂ O ₃	34,452	35,870	36,103	36,201	10,135	31,522	32,093	35,308	35,145	34,114				
Fe ₂ O ₃	26,831	13,614	13,922	14,036	58,273	34,998	31,867	15,389	15,207	15,673				
MgO	0,185	0,694	0,762	0,625	0,000	0,065	0,123	0,639	0,651	0,646				
MnO	1,251	1,362	1,333	1,350	0,384	1,215	1,150	1,292	1,371	1,332				
FeO	30,871	31,655	31,746	31,783	30,795	30,025	30,475	32,074	32,015	31,725				
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.				
NiO	0,125	0,151	0,176	0,102	0,121	0,101	0,093	0,159	0,182	0,127				
ZnO	0,554	1,128	0,954	1,109	0,109	0,450	0,507	0,887	0,862	0,873				
Total	99,627	98,953	99,405	99,456	99,963	99,024	99,133	99,670	99,470	98,433				
Si	0,012	0,001	0,005	0,005	0,015	0,012	0,002	0,005	0,007	0,002				
Ti	0,074	0,193	0,191	0,157	0,023	0,062	0,076	0,216	0,241	0,242				
Al	1,739	4,534	4,485	4,490	0,000	0,122	0,883	4,293	4,296	4,319				
V	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.				
Cr	8,056	8,039	8,053	8,082	2,459	7,623	7,658	7,888	7,865	7,715				
Fe ³⁺	5,971	2,904	2,955	2,982	13,454	8,055	7,237	3,272	3,239	3,374				
Mg	0,081	0,293	0,321	0,263	0,000	0,030	0,055	0,269	0,275	0,275				
Mn	0,313	0,327	0,319	0,323	0,100	0,315	0,294	0,309	0,329	0,323				
Fe ²⁺	7,635	7,505	7,490	7,505	7,902	7,680	7,692	7,580	7,578	7,589				
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.				
Ni	0,030	0,034	0,040	0,023	0,030	0,025	0,023	0,036	0,041	0,029				
Zn	0,121	0,236	0,199	0,231	0,025	0,102	0,113	0,185	0,180	0,184				
Total	24,032	24,066	24,058	24,061	24,008	24,026	24,033	24,053	24,051	24,052				
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,78	0,39	0,39	0,40	1,70	1,05	0,94	0,43	0,43	0,44				
Cr/(Cr+Al)	82,25	63,94	64,23	64,29	100,00	98,42	89,66	64,76	64,67	64,11				
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	1,05	3,76	4,11	3,39	0,00	0,39	0,71	3,43	3,50	3,50				
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	37,87	18,76	19,07	19,17	84,55	50,98	45,87	21,17	21,03	21,90				
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,59	0,77	0,77	0,77	0,12	0,48	0,51	0,73	0,73	0,70				

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)
97-JC-5098-A	1b-6	Lherz	Cœur	0,027	1,105	12,854	n.a.	33,248	15,319	0,641	1,314	31,530	n.a.	0,169	0,926	97,975	0,008	0,239	4,351	n.a.	7,734	3,311	0,274	0,342	n.a.	0,039	0,196	24,054	0,44	64,00	3,49	21,51	0,71	
97-JC-5098-B	1a-1	Lherz	Bordure	0,081	0,229	0,314	0,000	33,248	33,028	0,044	1,314	29,799	n.a.	0,042	0,224	98,323	0,025	0,053	0,114	0,000	8,083	7,642	0,220	0,342	n.a.	0,010	0,051	24,003	1,00	98,61	0,26	48,25	0,53	
97-JC-5098-B	1a-2	Lherz	Intermédiaire	0,060	0,812	3,919	0,035	34,622	10,607	0,240	1,146	30,489	n.a.	0,025	0,677	98,835	0,018	0,168	1,882	0,008	8,193	6,241	0,107	0,291	n.a.	0,006	0,071	24,010	0,82	85,57	1,38	39,46	0,59	
97-JC-5098-B	1a-3	Lherz	Cœur	0,030	0,735	16,109	0,076	37,425	9,876	1,131	1,220	31,815	n.a.	0,033	0,958	100,150	0,008	0,153	5,228	0,017	8,148	2,198	0,456	0,281	n.a.	0,007	0,198	24,044	0,28	60,39	5,90	14,11	0,85	
97-JC-5098-B	1a-4	Lherz	Cœur	0,025	0,257	0,431	0,000	37,359	9,876	1,108	1,201	29,942	n.a.	0,050	0,136	99,627	0,008	0,153	5,354	0,000	7,984	2,054	0,456	0,281	n.a.	0,007	0,196	24,044	0,28	60,39	5,90	14,11	0,85	
97-JC-5098-B	1a-5	Lherz	Bordure	0,019	0,336	3,763	0,010	32,930	33,425	0,082	1,265	29,942	n.a.	0,050	0,136	98,543	0,008	0,059	0,156	0,000	7,984	7,713	0,037	0,304	n.a.	0,012	0,031	24,008	1,00	98,08	0,48	48,65	0,52	
97-JC-5098-B	1b-1	Lherz	Intermédiaire	0,021	1,027	13,574	0,010	35,807	27,314	0,244	1,213	30,806	n.a.	0,067	0,479	100,058	0,006	0,075	1,313	0,002	8,383	6,086	0,108	0,304	n.a.	0,016	0,105	24,027	0,80	86,46	1,40	38,56	0,61	
97-JC-5098-B	1b-2	Lherz	Cœur	0,021	1,281	13,472	0,160	38,154	11,907	0,825	1,273	32,046	n.a.	0,059	0,686	99,732	0,006	0,217	4,486	0,036	8,458	2,512	0,345	0,302	n.a.	0,013	0,142	24,031	0,33	65,34	4,39	16,25	0,84	
97-JC-5098-B	1b-3	Lherz	Cœur	0,025	1,281	13,472	0,218	38,554	11,267	0,883	1,244	32,258	n.a.	0,045	0,634	99,881	0,007	0,270	4,443	0,049	8,530	2,373	0,368	0,295	n.a.	0,010	0,131	24,026	0,31	65,75	4,65	15,46	0,86	
97-JC-5098-B	1b-4	Lherz	Cœur	0,021	1,348	13,766	0,182	38,099	11,207	0,886	1,282	32,297	n.a.	0,071	0,645	99,804	0,006	0,283	4,538	0,041	8,425	2,359	0,369	0,304	n.a.	0,016	0,133	24,029	0,31	64,99	4,66	15,40	0,85	

Tableau C.2 Composition des chromatites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ³⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)			
97-JC-5098-B	1b-5	libez	Bordure	0,035	1,511	0,024	0,000	1,245	68,545	3,243	1,261	26,090	n.a.	0,034	0,000	99,255	0,441	0,005	0,195	0,000	0,267	7,832	0,271	0,333	7,556	n.a.	0,011	0,000	23,781	2,36	0,43	64,57	3,46	3,47	18,13	0,49	0,54
97-JC-5098-C	1a-1	Chr Sll	Cœur	0,031	1,070	1,140	n.a.	34,590	15,940	0,638	1,384	31,768	n.a.	0,148	1,071	99,066	0,009	0,229	4,298	n.a.	7,732	0,272	0,332	7,574	n.a.	0,034	0,225	24,052	0,45	0,44	64,47	3,45	3,47	22,04	21,26	0,71	
97-JC-5098-C	1a-2	Chr Sll	Cœur	0,054	1,087	1,164	n.a.	34,362	15,931	0,635	1,364	31,763	n.a.	0,156	0,947	98,795	0,015	0,233	4,331	n.a.	7,740	0,270	0,329	7,565	n.a.	0,036	0,205	24,050	0,44	0,44	64,12	3,45	3,47	22,04	21,62	0,71	
97-JC-5098-C	1a-3	Chr Sll	Cœur	0,045	1,094	1,164	n.a.	34,236	15,934	0,660	1,364	31,763	n.a.	0,150	0,947	98,910	0,013	0,249	4,309	n.a.	7,746	0,280	0,329	7,565	n.a.	0,034	0,205	24,062	0,44	0,44	64,26	3,45	3,47	22,04	21,47	0,71	
97-JC-5098-C	1b-1	Chr Sll	Cœur	0,072	1,056	1,094	n.a.	34,462	15,934	0,634	1,313	31,848	n.a.	0,128	0,920	98,935	0,020	0,234	4,280	n.a.	7,706	0,269	0,317	7,583	n.a.	0,029	0,205	24,044	0,45	0,43	64,29	3,43	3,43	22,16	21,32	0,70	
97-JC-5098-C	1b-3	Chr Sll	Cœur	0,067	1,056	1,056	n.a.	34,462	15,275	0,594	1,339	31,719	n.a.	0,151	0,911	98,448	0,019	0,227	4,338	n.a.	7,789	0,253	0,324	7,583	n.a.	0,035	0,200	24,046	0,43	0,43	64,23	3,23	3,23	22,16	21,32	0,72	
97-JC-5098-D	1a-1	Chr Sll	Bordure	0,064	0,367	5,634	0,101	40,808	19,222	1,189	0,832	29,607	n.a.	0,083	0,000	97,907	0,019	0,082	1,965	0,024	9,546	0,525	0,208	7,325	n.a.	0,020	0,000	23,993	0,58	0,58	82,93	6,69	6,69	27,10	27,10	0,82	
97-JC-5098-D	1a-2	Chr Sll	Cœur	0,000	0,566	17,476	0,004	42,660	6,574	4,381	0,674	27,964	n.a.	0,000	0,000	100,299	0,000	0,113	5,481	0,001	8,976	1,738	0,152	6,223	n.a.	0,000	0,000	24,000	0,21	0,21	62,09	21,83	8,34	8,34	1,19	1,19	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Polm	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	VO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ²⁺	Mn	Mg	Mg ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ³⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)
97-JC-5098-D	1a-3	Chr SII	Cœur	0,000	0,589	17,467	0,015	43,238	6,326	5,665	0,644	26,096	n.a.	0,000	0,000	100,449	0,000	0,117	5,422	0,003	9,089	5,748	0,144	2,224	0,144	5,892	n.a.	0,000	0,000	24,001	0,22	27,90	7,95	1,30
97-JC-5098-D	1a-4	Chr SII	Cœur	0,001	0,564	17,476	0,000	43,238	6,213	5,248	0,642	26,557	n.a.	0,009	0,000	99,948	0,000	0,113	5,464	0,031	9,069	5,892	0,144	2,076	0,230	7,430	n.a.	0,002	0,000	24,000	0,21	26,05	7,86	1,27
97-JC-5098-D	1a-5	Chr SII	Bordure	0,052	0,431	4,515	0,093	40,284	20,385	1,030	0,912	29,800	n.a.	0,128	0,000	98,002	0,015	0,088	1,587	0,022	9,444	7,338	0,221	0,455	0,138	5,838	n.a.	0,029	0,000	23,998	0,63	5,23	29,90	0,78
97-JC-5098-D	1b-1	Chr SII	Bordure	0,002	0,536	17,213	0,037	43,355	5,982	5,344	0,611	26,133	n.a.	0,000	0,000	99,213	0,001	0,108	5,419	0,008	9,157	5,838	0,138	2,128	0,138	5,838	n.a.	0,000	0,000	23,999	0,21	26,71	7,62	1,30
97-JC-5098-D	1b-2	Chr SII	Cœur	0,024	0,544	17,374	0,000	46,886	6,333	10,106	0,349	19,771	n.a.	0,017	0,000	101,204	0,006	0,104	5,200	0,000	9,374	4,199	0,075	3,826	0,075	4,967	n.a.	0,003	0,000	23,997	0,29	47,68	7,67	1,73
97-JC-5098-D	1b-3	Chr SII	Cœur	0,011	0,527	17,391	0,011	44,823	6,578	7,840	0,462	22,906	n.a.	0,024	0,000	100,573	0,003	0,103	5,315	0,002	9,189	4,967	0,102	3,030	0,102	4,967	n.a.	0,005	0,000	24,000	0,26	63,35	8,13	1,47
97-JC-5098-D	1b-4	Chr SII	Cœur	0,057	0,390	5,132	0,021	40,674	20,772	1,042	0,942	30,078	n.a.	0,093	0,000	99,201	0,017	0,086	1,775	0,005	9,436	7,380	0,234	0,456	0,234	7,380	n.a.	0,022	0,000	23,997	0,62	84,17	5,82	0,79
97-JC-5098-E	1a-1	Chr SII	Cœur	0,016	0,477	17,038	0,026	42,429	6,862	3,262	0,856	29,326	n.a.	0,019	0,000	100,311	0,004	0,096	5,396	0,006	9,014	6,590	0,195	1,306	0,195	6,590	n.a.	0,004	0,000	23,998	0,21	62,55	16,54	1,13
97-JC-5098-F	1a-2	Chr SII	Bordure	0,024	0,621	16,804	0,059	42,037	7,056	3,548	0,849	28,820	n.a.	0,033	0,000	99,851	0,007	0,007	5,338	0,007	8,959	6,497	0,194	1,426	0,194	6,497	n.a.	0,007	0,000	23,998	0,22	62,66	18,00	1,13

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5098-E	97-JC-5098-E	97-JC-5098-E	97-JC-5098-E	97-JC-5098-E	97-JC-5098-F	97-JC-5098-F	97-JC-5098-F	97-JC-5098-F	97-JC-5098-F
Point	1a-3	1a-4	1b-1	1b-2	1b-3	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Bordure
SiO ₂	0,000	0,000	0,008	0,027	0,024	0,025	0,014	0,061	0,014	0,012
TiO ₂	0,651	0,630	0,677	0,652	0,637	0,666	0,678	0,574	0,754	0,570
Al ₂ O ₃	16,851	17,049	16,610	16,594	16,577	16,089	16,500	16,602	16,558	16,254
V ₂ O ₅	0,000	0,040	0,033	0,044	0,037	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr ₂ O ₃	42,825	42,061	41,665	42,133	42,501	43,126	42,593	42,490	42,706	42,892
Fe ₂ O ₃	7,091	6,291	6,863	6,724	7,043	7,414	7,589	7,476	6,868	6,911
MgO	3,956	3,375	3,042	3,242	3,098	3,536	3,722	3,693	3,703	3,597
MnO	0,808	0,859	0,899	0,845	0,875	1,004	1,007	1,023	1,016	1,038
FeO	28,609	28,973	29,371	29,173	29,677	28,935	28,738	28,560	28,671	28,397
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,040	0,046	0,032	0,059	0,022	0,136	0,131	0,121	0,102	0,104
ZnO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,108	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,831	99,324	99,200	99,493	100,491	101,039	100,972	100,600	100,392	99,775
Si	0,000	0,000	0,002	0,007	0,006	0,007	0,004	0,016	0,004	0,003
Ti	0,131	0,128	0,139	0,133	0,129	0,134	0,136	0,116	0,152	0,116
Al	5,291	5,442	5,332	5,305	5,258	5,077	5,193	5,239	5,236	5,179
V	0,000	0,009	0,007	0,010	0,008	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr	9,022	9,007	8,973	9,036	9,043	9,129	8,992	8,995	9,059	9,169
Fe ³⁺	1,422	1,282	1,407	1,372	1,426	1,494	1,525	1,506	1,387	1,406
Mg	1,571	1,363	1,235	1,311	1,243	1,412	1,482	1,474	1,481	1,450
Mn	0,182	0,197	0,207	0,194	0,199	0,228	0,228	0,232	0,231	0,238
Fe ²⁺	6,375	6,563	6,691	6,618	6,679	6,479	6,418	6,395	6,433	6,421
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,008	0,010	0,007	0,013	0,005	0,029	0,028	0,026	0,022	0,023
Zn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	24,002	24,001	24,000	23,999	23,996	24,010	24,006	23,999	24,005	24,005
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,22	0,20	0,21	0,21	0,21	0,23	0,24	0,24	0,22	0,22
Cr / (Cr+Al)	63,03	62,34	62,73	63,01	63,23	64,26	63,39	63,19	63,37	63,90
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	19,77	17,20	15,58	16,53	15,69	17,89	18,76	18,73	18,71	18,42
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	9,04	8,15	8,95	8,73	9,07	9,52	9,71	9,57	8,84	8,92
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,16	1,15	1,11	1,13	1,12	1,14	1,13	1,14	1,16	1,17

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	2-1	97-JC-5098-F	2-2	97-JC-5098-F	2-3	97-JC-5098-F	2-4	97-JC-5098-F	2-5	97-JC-5098-F	1-1a	97-JC-5098-G	1-1b	97-JC-5098-G	Bordure	97-JC-5098-G	Bordure	97-JC-5098-G	Bordure	97-JC-5098-G	Intermédiaire	Cœur	
Lithologie	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll
Chromite	Bordure	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
Si	0,007	0,005	0,013	0,007	0,013	0,007	0,011	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,022	0,009	0,004	0,004	0,013	0,058	0,193	0,194	0,194	0,194	0,194
Ti	0,113	0,129	0,135	0,150	0,155	0,155	0,155	0,18	0,013	0,000	0,000	0,000	0,162	0,409	4,454	4,454	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162
Al	5,198	5,374	5,269	5,139	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142	5,142
V	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr	8,998	8,910	8,903	9,046	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039	9,039
Fe ²⁺	1,559	1,440	1,532	1,316	1,485	1,523	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485	1,485
Mg	1,468	1,504	1,486	1,462	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425	1,425
Mn	0,232	0,225	0,224	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
Fe ³⁺	6,404	6,392	6,412	6,458	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497	6,497
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,024	0,023	0,026	0,024	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
Zn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	24,003	24,002	24,000	23,823	24,002	24,001	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002	24,002
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,24	0,23	0,24	0,20	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Cr/(Cr+Al)	63,38	62,38	62,82	63,77	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74	63,74
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	18,65	19,05	18,81	18,46	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99	17,99
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	9,90	9,16	9,76	8,49	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48	9,48
Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,13	1,14	1,12	1,16	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	1-5	1-6	2-1a	2-1b	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	3-1
Chromite	Intermédiaire	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Intermédiaire	Bordure	Bordure
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro
Point	1-5	1-6	2-1a	2-1b	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	3-1
SiO ₂	0,001	0,055	0,036	0,057	0,060	0,000	0,010	0,048	0,048	0,051
TiO ₂	0,913	0,216	0,068	0,055	0,254	0,911	0,892	0,225	0,087	0,166
Al ₂ O ₃	13,328	0,205	0,000	0,000	1,107	13,668	13,651	2,581	0,000	0,000
V ₂ O ₅	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr ₂ O ₃	36,087	32,699	5,818	1,164	33,423	36,545	36,806	34,569	3,381	26,898
Fe ₂ O ₃	13,591	33,480	62,691	68,197	32,305	12,846	13,092	29,904	66,836	40,407
MgO	1,072	0,094	0,000	0,000	0,147	1,032	1,027	0,221	0,000	0,008
MnO	2,305	2,323	0,188	0,115	2,165	2,370	2,341	2,065	0,154	1,908
FeO	29,961	28,532	30,887	31,215	29,116	31,084	30,324	29,532	31,667	29,247
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,116	0,135	0,200	0,188	0,115	0,148	0,141	0,091	0,169	0,136
ZnO	0,820	0,361	0,000	0,066	0,173	0,889	1,052	0,418	0,000	0,123
Total	98,197	98,100	99,888	101,057	98,865	98,493	99,366	99,654	102,342	98,944
Si	0,000	0,017	0,011	0,017	0,018	0,000	0,003	0,014	0,015	0,016
Ti	0,195	0,050	0,016	0,013	0,058	0,194	0,189	0,510	0,020	0,038
Al	4,473	0,074	0,000	0,000	0,397	4,568	4,527	0,911	0,000	0,000
V	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr	8,124	7,977	1,416	0,281	8,040	8,193	8,195	8,181	0,804	6,534
Fe ³⁺	2,912	7,773	14,517	15,646	7,996	2,741	2,772	6,736	15,122	9,342
Mg	0,455	0,043	0,000	0,000	0,067	0,436	0,431	0,099	0,000	0,004
Mn	0,556	0,607	0,049	0,030	0,558	0,569	0,558	0,524	0,039	0,496
Fe ²⁺	7,135	7,362	7,949	7,959	7,408	7,134	7,136	7,993	7,963	7,515
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,027	0,034	0,050	0,046	0,028	0,034	0,032	0,022	0,041	0,034
Zn	0,172	0,082	0,000	0,015	0,039	0,186	0,219	0,092	0,000	0,028
Total	24,019	24,008	24,007	24,009	24,055	24,062	24,182	24,004	24,007	24,007
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,41	1,06	1,83	1,97	1,00	0,38	0,39	0,91	1,90	1,24
Cr/(Cr+Al)	64,49	99,08	100,00	100,00	95,29	64,20	64,12	89,98	100,00	100,00
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	5,99	0,58	0,00	0,00	0,90	5,76	5,70	1,32	0,00	0,05
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	18,78	49,12	91,11	98,24	46,71	17,68	17,89	42,56	94,95	58,84
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,81	0,53	0,06	0,01	0,54	0,83	0,83	0,58	0,03	0,39

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	V_2O_5	Cr_2O_3	Fe_2O_3	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe^{2+}	Mg	Mn	Fe^{3+}	Co	Ni	Zn	Total	Fe^{2+}/Fe^{3+}	$Cr/(Cr+Al)$	$Mg/(Mg+Fe^{2+})$	$Fe^{3+}/(Fe^{2+}+Al+Cr)$	$Cr/(Fe^{2+}+Fe^{3+})$
97-JC-5098-G	3-2	Lhez à chrv	Intermédiaire	0,057	0,211	2,461	n.a.	33,710	30,266	0,216	2,025	29,229	n.a.	0,128	0,302	98,605	0,017	0,048	0,878	n.a.	8,067	6,893	0,097	0,519	n.a.	0,031	0,068	24,016	0,93	90,18	1,29	43,52	0,56	
97-JC-5098-G	3-3	Lhez à chrv	Cœur	0,027	0,707	13,960	n.a.	36,490	13,421	0,968	2,301	30,338	n.a.	0,123	0,986	99,320	0,007	0,149	4,625	n.a.	8,083	2,808	0,406	0,548	n.a.	0,028	0,205	24,055	0,40	63,68	5,38	18,23	0,81	
97-JC-5098-G	3-4	Lhez à chrv	Cœur	0,057	0,198	14,006	n.a.	36,490	13,220	1,021	2,386	30,426	n.a.	0,158	0,920	99,617	0,007	0,182	4,625	n.a.	8,083	2,808	0,427	0,589	n.a.	0,036	0,190	24,053	0,39	63,61	5,65	18,10	0,81	
97-JC-5098-G	3-5	Lhez à chrv	Bordure	0,014	0,398	11,764	0,151	33,452	33,855	0,077	2,289	29,110	n.a.	0,134	0,236	99,642	0,017	0,045	0,084	0,032	8,030	7,735	0,035	0,352	n.a.	0,033	0,053	23,999	1,05	98,96	0,47	48,80	0,53	
97-JC-5113-A	1a	Chr	Bordure	0,047	0,342	18,314	0,180	57,817	41,62	1,042	0,425	18,449	n.a.	0,051	0,125	99,624	0,004	0,064	3,659	0,036	12,064	0,207	3,820	4,664	n.a.	0,011	0,024	23,999	0,05	76,73	0,47	48,40	1,30	
97-JC-5113-A	1b	Chr	Cœur	0,050	0,398	18,705	0,199	48,645	41,62	1,249	0,303	15,793	n.a.	0,092	0,105	100,497	0,012	0,064	5,402	0,036	9,626	0,784	4,664	4,741	n.a.	0,018	0,019	23,995	0,24	64,05	0,47	58,52	2,35	
97-JC-5113-A	2	Chr	Cœur	0,038	0,324	18,125	0,233	48,080	41,87	12,720	0,303	15,426	n.a.	0,140	0,109	100,273	0,012	0,064	5,512	0,040	9,504	0,788	4,741	4,804	n.a.	0,028	0,020	23,998	0,24	63,29	0,47	59,52	2,37	
97-JC-5113-A	3	Chr	Cœur	0,019	0,324	18,125	0,233	48,987	3,991	12,858	0,315	15,066	n.a.	0,118	0,081	100,139	0,009	0,061	5,354	0,047	9,707	0,753	4,804	4,804	n.a.	0,024	0,015	23,999	0,24	64,45	0,47	60,34	2,48	
97-JC-5113-A	4a	Chr	Bordure	0,019	0,119	12,650	0,241	52,445	4,978	9,354	0,332	19,147	n.a.	0,090	0,176	99,568	0,005	0,024	3,938	0,051	10,953	0,989	3,683	3,683	n.a.	0,019	0,034	24,000	0,23	73,55	0,47	60,34	2,10	
97-JC-5113-A	4b	Chr	Cœur	0,052	0,313	18,248	0,225	47,910	4,611	11,996	0,347	16,406	n.a.	0,124	0,109	100,311	0,013	0,059	5,410	0,045	9,529	0,873	4,499	4,499	n.a.	0,025	0,020	23,999	0,25	63,79	0,47	56,58	2,20	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5113-A	97-JC-5113-A	97-JC-5113-B	97-JC-5113-B	97-JC-5113-B	97-JC-5113-B	97-JC-5113-B	97-JC-5113-B	97-JC-5113-B	97-JC-5113-B
Point	5a	5b	1b	2a	2b	3a	3b	4b	5b	6a
Lithologie	Chr	Chr	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Bordure	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,032	0,025	0,066	0,009	0,045	0,048	0,025	0,049	0,036	0,057
TiO ₂	0,119	0,353	0,319	0,338	0,287	0,341	0,322	0,338	0,284	0,295
Al ₂ O ₃	13,967	18,108	17,850	4,223	17,348	3,886	16,998	17,214	17,307	4,817
V ₂ O ₅	0,201	0,134	0,050	0,162	0,173	0,166	0,146	0,233	0,211	0,159
Cr ₂ O ₃	54,573	48,193	47,946	41,370	46,535	41,155	45,229	46,367	46,154	41,403
Fe ₂ O ₃	1,950	3,791	4,135	20,960	4,217	21,456	4,675	3,615	4,069	20,511
MgO	10,240	11,679	11,029	1,454	7,242	1,411	5,104	5,955	6,571	1,514
MnO	0,385	0,359	0,232	0,614	0,535	0,728	0,476	0,505	0,439	0,654
FeO	18,085	16,698	17,779	29,356	23,185	29,206	26,459	25,155	24,195	29,362
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,045	0,160	0,070	0,178	0,060	0,129	0,027	0,035	0,058	0,159
ZnO	0,090	0,168	0,051	0,108	0,148	0,104	0,222	0,241	0,106	0,127
Total	99,693	99,676	99,535	98,781	99,775	98,639	99,702	99,712	99,443	99,071
Si	0,008	0,006	0,017	0,003	0,012	0,014	0,007	0,013	0,009	0,017
Ti	0,023	0,067	0,061	0,075	0,057	0,076	0,064	0,067	0,056	0,065
Al	4,285	5,414	5,370	1,469	5,357	1,356	5,341	5,368	5,385	1,665
V	0,042	0,027	0,010	0,038	0,036	0,039	0,031	0,049	0,045	0,037
Cr	11,232	9,667	9,676	9,658	9,639	9,638	9,534	9,700	9,633	9,600
Fe ³⁺	0,382	0,724	0,794	4,657	0,831	4,782	0,938	0,720	0,808	4,526
Mg	3,974	4,417	4,197	0,640	2,828	0,623	2,029	2,349	2,586	0,662
Mn	0,085	0,077	0,050	0,153	0,119	0,183	0,108	0,113	0,098	0,163
Fe ²⁺	3,937	3,543	3,795	7,249	5,080	7,234	5,900	5,566	5,342	7,201
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,009	0,033	0,014	0,042	0,013	0,031	0,006	0,007	0,012	0,038
Zn	0,017	0,031	0,010	0,024	0,029	0,023	0,044	0,047	0,021	0,027
Total	23,994	24,006	23,994	24,008	24,001	23,999	24,002	23,999	23,995	24,001
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,10	0,20	0,21	0,64	0,16	0,66	0,16	0,13	0,15	0,63
Cr/(Cr+Al)	72,39	64,10	64,31	86,80	64,28	87,67	64,09	64,37	64,14	85,22
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	50,23	55,49	52,52	8,11	35,76	7,93	25,59	29,68	32,62	8,42
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	2,40	4,58	5,01	29,50	5,25	30,31	5,93	4,56	5,11	28,66
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	2,60	2,27	2,11	0,81	1,63	0,80	1,39	1,54	1,57	0,82

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	VO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ³⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	
	6b	Chr SII	Intermédiaire	0,041	0,295	17,524	0,195	45,140	3,754	5,069	0,526	17,882	n.a.	0,017	0,233	99,143	0,011	0,059	5,520	0,042	9,538	0,755	2,019	0,119	5,886	n.a.	0,004	0,046	23,999	0,13	63,34	25,54	4,77	1,44	
	6c	Chr SII	Cœur	0,109	0,312	2,901	0,075	40,464	4,099	10,802	0,387	17,882	n.a.	0,040	0,096	99,381	0,017	0,060	5,990	0,018	9,474	0,789	4,122	0,084	3,828	n.a.	0,008	0,018	23,992	0,21	64,16	51,85	4,99	2,09	
	7a	Chr SII	Bordure	0,042	0,297	17,622	0,222	45,670	3,534	5,853	0,513	25,175	n.a.	0,000	0,222	99,153	0,011	0,059	1,012	0,047	9,590	0,706	2,318	0,115	5,592	n.a.	0,000	0,044	23,998	0,13	63,48	29,30	4,46	1,52	
	7b	Chr SII	Intermédiaire	0,014	0,315	17,822	0,110	47,512	4,360	10,460	0,526	18,366	n.a.	0,077	0,165	99,727	0,004	0,061	5,378	0,023	9,617	0,840	3,992	0,114	3,932	n.a.	0,016	0,031	24,008	0,21	64,13	50,38	5,30	2,02	
	7c	Chr SII	Cœur	0,052	0,681	8,526	0,201	52,993	7,256	6,646	0,669	23,023	n.a.	0,198	0,160	100,408	0,014	0,061	2,737	0,044	11,412	0,840	1,487	2,698	0,154	5,244	n.a.	0,043	0,032	24,004	0,28	80,66	33,97	9,51	1,70
	7d	Chr	Bordure	0,034	0,093	14,260	0,136	53,791	2,452	6,646	0,474	18,831	n.a.	0,030	0,092	99,997	0,009	0,018	4,373	0,028	11,065	0,480	3,794	0,104	4,097	n.a.	0,006	0,018	23,992	0,12	80,66	33,97	9,51	1,70	
	1b	Chr	Intermédiaire	0,022	0,398	18,056	0,228	48,795	3,441	11,691	0,372	16,837	n.a.	0,153	0,066	100,072	0,006	0,076	5,379	0,046	9,752	0,654	4,405	0,080	3,559	n.a.	0,031	0,012	24,000	0,18	64,45	55,31	4,14	2,31	
	2a	Chr	Bordure	0,028	0,436	8,484	0,223	53,640	6,934	8,896	0,601	22,335	n.a.	0,151	0,134	99,871	0,008	0,090	2,732	0,049	11,587	1,426	2,809	0,139	5,104	n.a.	0,033	0,027	24,004	0,28	80,92	35,50	9,06	1,77	
	2b	Chr	Intermédiaire	0,024	0,158	13,062	0,202	53,672	3,547	8,772	0,495	20,316	n.a.	0,090	0,148	100,492	0,006	0,031	4,040	0,042	11,135	0,700	3,431	0,110	4,458	n.a.	0,019	0,029	24,001	0,16	73,38	43,49	4,41	2,16	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-JC-S114-A	97-JC-S114-A	97-JC-S114-A	97-JC-S114-A	97-JC-S114-A	97-JC-S114-A	97-JC-S114-A	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B
Point	2c	3b	3c	4b	4c	5b	1a	1b	2a	2b
Lithologie	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Du	Du	Du
Chromite	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire
SiO ₂	0,054	0,039	0,028	0,036	0,014	0,036	0,082	0,050	0,038	0,023
TiO ₂	0,396	0,139	0,374	0,188	0,415	0,170	0,023	0,150	0,074	0,225
Al ₂ O ₃	18,051	12,538	18,029	11,416	17,909	10,728	0,000	3,222	0,020	1,123
V ₂ O ₅	0,204	0,200	0,204	0,210	0,193	0,186	0,096	0,114	0,104	0,050
Cr ₂ O ₃	47,952	55,940	49,152	56,527	49,458	55,883	3,362	39,673	17,582	37,012
Fe ₂ O ₃	3,667	2,322	3,467	2,445	3,409	3,628	64,600	24,131	50,354	28,950
MgO	10,820	9,016	11,235	8,389	11,388	7,968	0,027	0,683	0,055	0,423
MnO	0,392	0,423	0,439	0,436	0,521	0,525	0,035	0,908	0,376	0,878
FeO	18,063	20,072	17,699	20,806	17,452	21,180	30,609	30,013	30,635	30,074
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,168	0,041	0,131	0,087	0,118	0,094	0,230	0,129	0,236	0,148
ZnO	0,088	0,067	0,176	0,172	0,146	0,089	0,001	0,629	0,190	0,499
Total	99,857	100,797	100,943	100,732	101,033	100,499	99,078	99,711	99,666	99,412
Si	0,014	0,010	0,007	0,010	0,004	0,010	0,025	0,015	0,012	0,007
Ti	0,076	0,027	0,071	0,037	0,079	0,034	0,005	0,033	0,017	0,051
Al	5,419	3,866	5,349	3,556	5,307	3,370	0,000	1,126	0,007	0,399
V	0,042	0,042	0,041	0,045	0,039	0,040	0,024	0,027	0,025	0,012
Cr	9,556	11,570	9,784	11,811	9,832	11,775	0,825	9,302	4,261	8,832
Cr ³⁺	0,703	0,457	0,657	0,486	0,645	0,728	15,090	5,385	11,615	6,575
Mg	4,108	3,516	4,217	3,305	4,268	3,165	0,013	0,302	0,025	0,190
Mn	0,085	0,094	0,094	0,098	0,111	0,119	0,009	0,228	0,098	0,224
Fe ²⁺	3,848	4,391	3,726	4,599	3,669	4,720	7,946	7,443	7,854	7,591
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,034	0,009	0,026	0,019	0,024	0,020	0,058	0,031	0,058	0,036
Zn	0,017	0,013	0,033	0,034	0,027	0,018	0,000	0,138	0,043	0,111
Total	24,002	23,995	24,005	24,000	24,005	23,999	23,995	24,030	24,015	24,028
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,18	0,10	0,18	0,11	0,18	0,15	1,90	0,72	1,48	0,87
Cr/(Cr+Al)	64,05	74,95	64,65	76,86	64,94	77,75	100,00	89,20	99,84	95,68
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	51,63	44,47	53,09	41,81	53,77	40,14	0,16	3,90	0,32	2,44
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	4,46	2,88	4,16	3,07	4,09	4,59	94,82	34,05	73,13	41,60
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	2,12	2,39	2,23	2,32	2,28	2,16	0,04	0,73	0,22	0,62

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B	97-JC-S114-B	97-JC-S114-C	97-JC-S114-C	97-JC-S114-C	97-JC-S114-C	97-JC-S114-C	97-JC-S114-C
Forme	2c	3a	3b	4a	4b	Du	Du	1a	1b	1c	Harzb	Harzb	Harzb
Lithologie	Du	Du	Du	Du	Du	Du	Du	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Bordure	Intermédiaire	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Intermédiaire
SiO ₂	0,037	0,016	0,017	0,057	0,052	0,036	0,058	0,040	0,044	0,044	0,038	0,038	0,038
TiO ₂	0,786	0,028	0,087	0,037	0,079	0,030	0,215	0,540	0,068	0,068	0,229	1,112	0,061
Al ₂ O ₃	15,469	0,008	0,051	0,016	0,035	0,009	0,781	13,745	0,013	0,013	1,112	0,061	0,061
V ₂ O ₅	0,374	0,053	0,088	0,101	0,101	0,000	0,071	0,221	0,041	0,041	0,061	0,061	0,061
Cr ₂ O ₃	41,800	3,576	30,189	6,230	23,684	4,381	37,726	41,825	13,593	13,593	37,869	37,869	37,869
Fe ₂ O ₃	6,731	64,241	37,035	61,494	43,725	63,862	28,842	8,688	54,854	54,854	28,886	28,886	28,886
MgO	2,151	0,025	0,277	0,026	0,143	0,015	0,975	1,380	0,037	0,037	0,361	0,361	0,361
MnO	0,863	0,000	0,745	0,020	0,617	0,004	0,622	0,648	0,194	0,194	0,637	0,637	0,637
FeO	30,393	30,604	29,878	30,622	30,154	30,832	30,447	31,219	30,974	30,974	30,803	30,803	30,803
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,092	0,279	0,166	0,265	0,179	0,112	0,012	0,052	0,080	0,080	0,016	0,016	0,016
ZnO	1,393	0,024	0,402	0,016	0,258	0,071	0,355	0,677	0,012	0,012	0,255	0,255	0,255
Total	100,099	98,859	98,938	98,787	99,030	99,352	99,506	99,049	99,910	99,910	100,281	100,281	100,281
Si	0,010	0,005	0,005	0,018	0,016	0,011	0,018	0,011	0,013	0,013	0,011	0,011	0,011
Ti	0,162	0,006	0,020	0,009	0,018	0,007	0,049	0,114	0,016	0,016	0,052	0,052	0,052
Al	5,000	0,003	0,018	0,006	0,013	0,003	0,278	4,542	0,005	0,005	0,392	0,392	0,392
V	0,082	0,013	0,022	0,000	0,025	0,000	0,017	0,050	0,010	0,010	0,015	0,015	0,015
Cr	9,063	0,880	7,314	1,522	5,754	1,072	9,002	9,271	3,291	3,291	8,951	8,951	8,951
Fe ³⁺	1,389	15,050	8,540	14,992	10,110	14,877	6,550	1,833	12,641	12,641	6,499	6,499	6,499
Mg	0,879	0,012	0,126	0,012	0,066	0,007	0,169	0,577	0,017	0,017	0,161	0,161	0,161
Mn	0,200	0,000	0,193	0,005	0,161	0,001	0,159	0,154	0,050	0,050	0,161	0,161	0,161
Fe ²⁺	6,970	7,968	7,964	7,964	7,749	7,982	7,685	7,320	7,932	7,932	7,702	7,702	7,702
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,020	0,070	0,041	0,066	0,044	0,028	0,003	0,012	0,020	0,020	0,004	0,004	0,004
Zn	0,282	0,005	0,091	0,004	0,059	0,016	0,079	0,140	0,003	0,003	0,056	0,056	0,056
Total	24,057	24,012	24,026	24,008	24,015	24,004	24,009	24,024	23,998	23,998	24,004	24,004	24,004
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0,20	1,89	1,12	1,81	1,30	1,86	0,85	0,25	1,59	1,59	0,84	0,84	0,84
Cr/(Cr+Al)	64,45	99,66	99,75	99,61	99,77	99,72	97,00	67,12	99,85	99,85	95,80	95,80	95,80
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	11,20	0,15	1,62	0,15	0,84	0,09	2,15	7,31	0,21	0,21	2,05	2,05	2,05
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	8,99	94,46	83,81	90,35	63,68	93,26	41,38	11,72	79,32	79,32	41,02	41,02	41,02
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,08	0,04	0,45	0,07	0,32	0,05	0,63	1,01	0,16	0,16	0,63	0,63	0,63

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5114-C	97-JC-5114-C	97-JC-5114-C	97-JC-5114-C	97-JC-5114-C	97-JC-5114-C	97-JC-5114-C	97-JC-5115-C1	97-JC-5115-C1	97-JC-5115-C1
Point	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	1a	1b	3
Lithologie	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Chr	Chr	Chr
Chromite	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,049	0,030	0,179	0,042	0,051	0,023	0,041	0,032	0,028	0,028
TiO ₂	0,201	0,040	0,269	0,436	0,044	0,289	0,526	0,309	0,405	0,376
Al ₂ O ₃	14,968	0,011	1,311	14,532	0,020	0,473	14,221	7,771	18,082	18,201
V ₂ O ₅	0,248	0,000	0,039	0,268	0,056	0,094	0,286	0,169	0,175	0,299
Cr ₂ O ₃	40,393	1,907	36,969	41,025	3,041	36,679	42,399	52,241	47,562	46,743
Fe ₂ O ₃	9,541	66,571	29,323	9,481	65,547	30,192	9,021	8,299	4,395	3,645
MgO	1,558	0,067	0,502	1,556	0,000	0,322	1,837	4,995	10,590	8,753
MnO	0,722	0,000	0,671	0,590	0,011	0,590	0,608	1,045	0,599	0,693
FeO	30,785	30,813	30,502	31,309	31,010	30,602	31,176	24,497	18,446	20,932
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,048	0,057	0,025	0,052	0,097	0,057	0,038	0,138	0,152	0,084
ZnO	0,802	0,026	0,277	0,800	0,000	0,292	0,656	0,147	0,102	0,180
Total	99,315	99,524	100,075	100,104	99,897	99,620	100,817	99,646	100,545	99,942
Si	0,014	0,009	0,054	0,012	0,016	0,007	0,011	0,009	0,007	0,007
Ti	0,042	0,009	0,061	0,091	0,010	0,066	0,109	0,065	0,077	0,073
Al	4,903	0,004	0,462	4,734	0,007	0,169	4,597	2,552	5,407	5,533
V	0,055	0,000	0,009	0,059	0,014	0,023	0,063	0,038	0,036	0,062
Cr	8,875	0,466	8,731	8,966	0,740	8,767	9,194	11,510	9,540	9,533
Fe ³⁺	1,995	15,491	6,591	1,972	15,190	6,869	1,862	1,740	0,839	0,708
Mg	0,646	0,031	0,223	0,641	0,000	0,145	0,751	2,075	4,005	3,366
Mn	0,170	0,000	0,170	0,138	0,003	0,151	0,141	0,247	0,129	0,151
Fe ²⁺	7,155	7,969	7,620	7,238	7,987	7,737	7,151	5,709	3,914	4,516
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,011	0,014	0,006	0,012	0,024	0,014	0,008	0,031	0,031	0,017
Zn	0,165	0,006	0,061	0,163	0,000	0,065	0,133	0,030	0,019	0,034
Total	24,031	23,999	23,988	24,026	23,991	24,013	24,020	24,006	24,004	24,000
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,28	1,94	0,86	0,27	1,90	0,89	0,26	0,30	0,21	0,16
Cr / (Cr+Al)	64,41	99,15	94,97	65,45	99,06	98,11	66,67	81,85	63,83	63,27
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	8,28	0,39	2,84	8,14	0,00	1,84	9,50	26,66	50,57	42,70
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	12,65	97,06	41,76	12,58	95,31	43,46	11,90	11,01	5,31	4,49
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,97	0,02	0,61	0,97	0,03	0,60	1,02	1,55	2,01	1,82

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5115-C1		97-JC-5115-C1		97-JC-5115-C1		97-JC-5115-C1		97-JC-5115-C2		97-JC-5115-C2		97-JC-5115-C2		97-JC-5115-C2	
	4a	4b	4c	5	6	1	1	1	2	2a	2b	2	2a	2b	2	2a
Point	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Lithologie	Bordure	Intermédiaire	Chr	Chr	Chr	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur
Chromite	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,026	0,033	0,036	0,042	0,032	0,004	0,065	0,065	0,007	0,049	0,033	0,007	0,049	0,033	0,007	0,049
TiO ₂	0,139	0,389	0,395	0,383	0,396	0,236	0,402	0,402	0,139	0,419	0,373	0,139	0,419	0,373	0,139	0,419
Al ₂ O ₃	10,842	18,037	18,483	18,329	18,431	17,998	18,600	18,600	12,381	9,087	18,342	12,381	9,087	18,342	12,381	9,087
V ₂ O ₃	0,130	0,163	0,100	0,182	0,151	0,011	0,222	0,222	0,011	0,200	0,091	0,011	0,200	0,091	0,011	0,200
Cr ₂ O ₃	54,936	47,467	48,290	47,009	46,729	46,039	48,030	48,030	49,533	49,919	47,610	49,533	49,919	47,610	49,533	49,919
Fe ₂ O ₃	3,951	3,877	4,336	3,480	3,605	4,653	4,204	4,204	6,538	9,095	4,094	6,538	9,095	4,094	6,538	9,095
MgO	6,600	9,496	13,099	9,110	8,769	9,009	12,728	12,728	6,983	5,993	11,010	6,983	5,993	11,010	6,983	5,993
MnO	0,858	0,548	0,421	0,598	0,650	1,047	0,607	0,607	1,249	1,345	0,801	1,249	1,345	0,801	1,249	1,345
FeO	23,002	20,108	14,735	20,547	21,119	19,843	15,121	15,121	21,618	22,799	17,507	21,618	22,799	17,507	21,618	22,799
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000	n.a.	n.a.	0,000	n.a.	n.a.	0,000	n.a.	n.a.	0,000	n.a.
NiO	0,062	0,135	0,137	0,112	0,118	0,000	0,124	0,124	0,000	0,185	0,111	0,000	0,185	0,111	0,000	0,185
ZnO	0,232	0,137	0,028	0,118	0,205	0,286	0,097	0,097	0,187	0,090	0,129	0,187	0,090	0,129	0,187	0,090
Total	100,792	100,392	100,060	99,914	100,211	99,126	100,210	100,210	98,646	99,187	100,109	98,646	99,187	100,109	98,646	99,187
Si	0,007	0,008	0,009	0,011	0,008	0,001	0,016	0,016	0,002	0,013	0,008	0,002	0,013	0,008	0,002	0,013
Ti	0,028	0,075	0,074	0,074	0,076	0,046	0,076	0,076	0,028	0,087	0,071	0,028	0,087	0,071	0,028	0,087
Al	3,429	5,410	5,447	5,556	5,585	5,511	5,484	5,484	3,959	2,958	5,483	3,959	2,958	5,483	3,959	2,958
V	0,028	0,033	0,020	0,037	0,031	0,002	0,045	0,045	0,002	0,044	0,019	0,002	0,044	0,019	0,002	0,044
Cr	11,657	9,603	9,548	9,560	9,500	9,457	9,501	9,501	10,626	10,901	9,547	10,626	10,901	9,547	10,626	10,901
Fe ³⁺	0,798	0,746	0,816	0,674	0,697	0,910	0,791	0,791	1,335	1,890	0,781	1,335	1,890	0,781	1,335	1,890
Mg	2,641	3,623	4,883	3,493	3,361	3,489	4,747	4,747	2,825	2,468	4,163	2,825	2,468	4,163	2,825	2,468
Mn	0,195	0,119	0,089	0,130	0,142	0,231	0,129	0,129	0,287	0,315	0,172	0,287	0,315	0,172	0,287	0,315
Fe ²⁺	5,163	4,303	3,082	4,420	4,541	4,311	3,164	3,164	4,906	5,266	3,713	4,906	5,266	3,713	4,906	5,266
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000	n.a.	n.a.	0,000	n.a.	n.a.	0,000	n.a.	n.a.	0,000	n.a.
Ni	0,013	0,028	0,028	0,023	0,024	0,000	0,025	0,025	0,000	0,041	0,023	0,000	0,041	0,023	0,000	0,041
Zn	0,046	0,026	0,005	0,022	0,039	0,055	0,018	0,018	0,037	0,018	0,024	0,037	0,018	0,024	0,037	0,018
Total	24,005	24,004	24,001	24,000	24,004	24,013	23,996	23,996	24,007	24,001	24,004	24,007	24,001	24,004	24,007	24,001
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,15	0,17	0,26	0,15	0,15	0,21	0,25	0,25	0,27	0,36	0,21	0,27	0,36	0,21	0,27	0,36
Cr/(Cr+Al)	77,27	63,84	63,67	63,24	62,98	63,18	63,40	63,40	72,86	78,66	63,52	72,86	78,66	63,52	72,86	78,66
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	33,84	45,71	61,31	44,14	42,53	44,73	60,01	60,01	36,54	31,91	52,86	36,54	31,91	52,86	36,54	31,91
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	5,02	4,72	5,16	4,27	4,42	5,73	5,01	5,01	8,39	12,00	4,94	8,39	12,00	4,94	8,39	12,00
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,96	1,90	2,45	1,88	1,81	1,81	2,40	2,40	1,70	1,52	2,12	1,70	1,52	2,12	1,70	1,52

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5115-C2	97-JC-5115-C2	97-JC-5115-C2	97-JC-5115-C2	97-JC-5115-C2	97-JC-5115-C2	97-JC-5115-C2	97-JC-5115-C2	97-JC-5116-A	97-JC-5116-A
Point	3	3a	3b	4a	4b	5	6a	6b	1a	1b
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr	Chr
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire
SiO ₂	0,007	0,045	0,033	0,014	0,040	0,076	0,043	0,109	0,094	0,043
TiO ₂	0,541	0,432	0,374	0,449	0,372	0,348	0,171	0,374	0,444	0,309
Al ₂ O ₃	8,221	7,932	18,585	6,538	18,446	18,472	10,890	18,784	2,178	17,411
V ₂ O ₅	0,098	0,173	0,187	0,217	0,072	0,118	0,178	0,251	0,076	0,225
Cr ₂ O ₃	49,761	51,233	48,007	51,529	47,031	46,903	52,081	46,928	45,600	45,298
Fe ₂ O ₃	9,249	9,114	3,246	9,875	3,918	3,501	5,938	3,427	19,274	4,610
MgO	5,430	5,323	11,230	4,830	10,064	9,317	6,470	10,299	1,473	5,411
MnO	1,437	1,242	0,776	1,315	0,896	0,759	0,999	0,708	0,868	0,712
FeO	23,314	23,938	17,117	24,274	18,815	20,010	22,725	18,556	29,057	25,944
CoO	0,348	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,099	0,165	0,078	0,165	0,126	0,112	0,090	0,045	0,147	0,076
ZnO	0,441	0,200	0,185	0,116	0,111	0,053	0,162	0,135	0,159	0,284
Total	98,946	99,797	99,828	99,332	99,898	99,678	99,750	99,628	99,374	100,323
Si	0,002	0,012	0,008	0,004	0,010	0,020	0,012	0,028	0,028	0,011
Ti	0,114	0,090	0,071	0,095	0,072	0,067	0,035	0,072	0,099	0,061
Al	2,710	2,594	5,553	2,170	5,555	5,598	3,481	5,648	0,760	5,419
V	0,022	0,039	0,038	0,049	0,015	0,024	0,039	0,051	0,018	0,048
Cr	11,002	11,242	9,622	11,474	9,502	9,535	11,169	9,466	10,672	9,459
Fe ³⁺	1,946	1,903	0,619	2,093	0,753	0,677	1,212	0,658	4,293	0,916
Mg	2,264	2,202	4,244	2,028	3,834	3,571	2,616	3,917	0,650	2,130
Mn	0,340	0,292	0,167	0,314	0,194	0,165	0,230	0,153	0,218	0,159
Fe ²⁺	5,453	5,556	3,629	5,717	4,021	4,303	5,155	3,959	7,193	5,730
Co	0,078	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,022	0,037	0,016	0,037	0,026	0,023	0,020	0,009	0,035	0,016
Zn	0,091	0,041	0,035	0,024	0,021	0,010	0,033	0,025	0,035	0,055
Total	24,044	24,008	24,002	24,005	24,003	23,993	24,002	23,986	24,001	24,004
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,36	0,34	0,17	0,37	0,19	0,16	0,24	0,17	0,60	0,16
Cr/(Cr+Al)	80,24	81,25	63,41	84,10	63,11	63,01	76,24	62,63	93,35	63,58
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	29,34	28,38	53,91	26,18	48,81	45,35	33,66	49,73	8,29	27,10
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	12,43	12,09	3,92	13,30	4,76	4,28	7,64	4,17	27,30	5,80
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,49	1,51	2,27	1,47	1,99	1,91	1,75	2,05	0,93	1,42

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-A	97-JC-S116-B
Point	1c	2a	2b	2c	3b	3c	4c	4b	4c	2
Lithologie	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Px à Mg
Chromite	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,027	0,074	0,020	0,024	0,039	0,028	0,030	0,030	0,014	0,088
TiO ₂	0,332	0,577	0,302	0,349	0,293	0,320	0,310	0,310	0,307	0,048
Al ₂ O ₃	18,302	1,981	17,971	18,418	17,662	18,656	17,313	17,991	0,023	0,017
VO ₃	0,168	0,144	0,210	0,099	0,177	0,076	0,258	0,106	0,131	0,065
Cr ₂ O ₃	47,921	41,280	47,212	45,964	47,731	45,302	47,001	47,994	0,031	0,002
Fe ₂ O ₃	4,469	23,162	4,081	4,176	4,404	4,568	3,928	67,994	67,994	67,520
MgO	11,609	1,369	5,439	10,662	6,217	5,068	8,127	0,072	0,072	0,031
MnO	0,456	0,819	0,620	0,542	0,662	0,411	0,662	0,657	0,030	0,110
FeO	17,001	29,098	25,936	18,286	24,826	17,151	26,522	22,060	30,548	30,333
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,026	0,209	0,070	0,035	0,026	0,037	0,091	0,006	0,078	0,087
ZnO	0,118	0,071	0,335	0,176	0,200	0,132	0,263	0,173	0,001	0,046
Total	100,454	98,787	99,874	100,078	100,257	100,557	100,401	100,370	99,050	98,309
Si	0,007	0,022	0,005	0,006	0,010	0,007	0,008	0,004	0,027	0,010
Ti	0,063	0,130	0,060	0,067	0,058	0,060	0,062	0,060	0,011	0,014
Al	5,434	0,698	5,602	5,518	5,462	5,527	5,401	5,478	0,008	0,006
V	0,034	0,034	0,045	0,020	0,037	0,015	0,055	0,022	0,033	0,016
Cr	9,544	9,753	9,886	9,490	9,535	9,485	9,480	9,601	0,008	0,001
Fe ³⁺	0,847	5,209	0,812	0,815	0,825	0,833	0,910	0,764	15,899	15,925
Mg	4,360	0,610	2,144	4,041	2,432	4,350	2,000	3,131	0,034	0,015
Mn	0,097	0,207	0,139	0,117	0,147	0,088	0,148	0,144	0,008	0,029
Fe ²⁺	3,582	7,272	5,737	3,888	5,448	3,605	5,870	4,767	7,938	7,951
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,005	0,050	0,015	0,007	0,006	0,007	0,019	0,001	0,020	0,022
Zn	0,022	0,016	0,066	0,033	0,039	0,024	0,051	0,033	0,000	0,011
Total	23,995	24,001	24,011	24,002	23,999	24,001	24,004	24,005	23,986	24,000
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,24	0,72	0,14	0,21	0,15	0,23	0,16	0,16	2,00	2,00
Cr/(Cr+Al)	63,72	93,32	62,62	63,23	63,58	63,18	63,71	63,67	50,00	14,29
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	54,90	7,74	27,20	50,96	30,86	54,68	25,41	39,64	0,43	0,19
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	5,35	33,26	5,14	5,15	5,21	5,26	5,76	4,82	99,90	99,96
Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	2,15	0,78	1,43	2,02	1,52	2,14	1,40	1,74	0,00	0,00

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5557-A	97-JC-5557-A	97-JC-5557-A	97-JC-5557-A	97-JC-5557-A	97-JC-5557-B1	97-JC-5557-B1	97-JC-5557-B1	97-JC-5557-B1	97-JC-5557-B1
Point	1a	1b	2b	3a	3b	1	2a	2b	3a	3b
Lithologie	Du à chro		Du à chro		Du à chro		Chr Sil		Chr Sil	
Chromite	Bordure		Cœur		Bordure		Cœur		Cœur	
SiO ₂	0,043	0,044	0,018	0,055	0,030	0,052	0,014	0,026	0,042	0,031
TiO ₂	0,627	0,616	0,711	0,495	0,744	0,777	0,644	0,710	0,558	0,636
Al ₂ O ₃	2,217	17,833	15,785	2,786	17,251	16,737	17,138	18,312	17,199	18,399
V ₂ O ₅	0,186	0,206	0,252	0,217	0,113	0,207	0,212	0,277	0,190	0,216
Cr ₂ O ₃	38,151	42,749	42,077	33,893	43,073	41,920	41,650	44,157	42,541	44,358
Fe ₂ O ₃	26,032	6,638	6,694	30,245	6,473	6,405	5,939	6,195	5,689	6,279
MgO	0,411	6,180	2,007	0,481	6,244	2,169	2,669	9,279	2,882	9,205
MnO	0,855	0,564	0,749	0,748	0,587	0,910	0,888	0,416	0,890	0,498
FeO	30,336	25,281	30,968	30,866	25,042	31,099	29,939	20,878	29,752	20,989
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,093	0,120	0,099	0,077	0,130	0,071	0,142	0,114	0,142	0,105
ZnO	0,074	0,143	0,265	0,048	0,149	0,116	0,198	0,099	0,214	0,129
Total	99,542	100,385	99,640	99,919	99,851	100,463	99,449	100,472	100,102	100,852
Si	0,013	0,011	0,005	0,016	0,008	0,014	0,004	0,007	0,011	0,008
Ti	0,141	0,121	0,147	0,111	0,148	0,158	0,132	0,137	0,113	0,122
Al	0,781	5,512	5,106	0,976	5,369	5,340	5,492	5,525	5,468	5,534
V	0,045	0,043	0,055	0,052	0,024	0,045	0,046	0,057	0,041	0,044
Cr	9,015	8,864	9,131	7,966	8,993	8,972	8,953	8,937	9,072	8,951
Fe ³⁺	5,854	1,310	1,383	6,766	1,286	1,305	1,215	1,193	1,155	1,206
Mg	0,183	2,416	0,821	0,213	2,458	0,875	1,082	3,541	1,159	3,502
Mn	0,217	0,125	0,174	0,188	0,131	0,209	0,204	0,090	0,203	0,108
Fe ²⁺	7,707	5,544	7,108	7,674	5,530	7,041	6,808	4,470	6,711	4,480
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,022	0,025	0,022	0,018	0,028	0,015	0,031	0,024	0,031	0,022
Zn	0,016	0,028	0,054	0,010	0,029	0,023	0,040	0,019	0,043	0,024
Total	23,994	23,999	24,006	23,990	24,004	23,997	24,007	24,000	24,007	24,001
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,76	0,24	0,19	0,88	0,23	0,19	0,18	0,27	0,17	0,27
Cr/(Cr+Al)	92,03	61,66	64,14	89,09	62,62	62,69	61,98	61,80	62,39	61,79
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	2,32	30,35	10,35	2,70	30,77	11,05	13,71	44,20	14,73	43,87
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	37,41	8,35	8,85	43,07	8,22	8,36	7,76	7,62	7,36	7,69
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,66	1,29	1,08	0,55	1,32	1,08	1,12	1,58	1,15	1,57

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Rechantillons	4a	4b	1a	1b	2a	2b	3	4a	4b	1a	1b
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
Lithologie	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Harzb à chro
Point	4a	4b	1a	1b	2a	2b	3	4a	4b	1a	1b
97-JC-5557-B1	100,225	100,659	100,288	101,094	99,777	100,591	100,658	100,456	99,864	99,051	
Si	0,038	0,006	0,012	0,010	0,013	0,011	0,001	0,008	0,006	0,007	
Ti	0,118	0,200	0,090	0,196	0,122	0,189	0,183	0,104	0,167	0,129	
Al	1,193	4,846	0,463	5,291	2,445	5,311	5,323	2,171	5,262	3,081	
V	0,019	0,062	0,033	0,038	0,049	0,045	0,055	0,058	0,036	0,044	
Cr	8,906	9,021	7,203	8,912	9,114	8,989	8,997	9,442	9,158	9,122	
Fe ²⁺	5,571	1,645	8,083	1,334	4,096	1,243	1,248	4,096	1,194	3,456	
Mg	0,254	0,668	0,140	0,831	0,383	0,399	0,384	0,291	0,800	0,455	
Mn	0,236	0,219	0,168	0,192	0,245	0,224	0,207	0,287	0,206	0,243	
Fe ³⁺	7,581	7,269	7,746	7,139	7,443	7,086	6,959	7,485	7,134	7,390	
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Ni	0,024	0,016	0,039	0,026	0,038	0,027	0,022	0,019	0,015	0,022	
Zn	0,013	0,044	0,023	0,037	0,007	0,040	0,024	0,029	0,021	0,039	
Total	23,953	23,996	24,000	24,006	23,955	24,004	24,003	23,990	23,999	23,988	
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,73	0,23	1,04	0,19	0,55	0,18	0,18	0,55	0,17	0,47	
Cr/(Cr+Al)	88,19	65,05	93,96	62,75	78,85	62,86	62,83	81,31	63,51	74,75	
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	3,24	8,42	1,78	10,43	4,89	10,59	12,39	3,74	10,08	5,80	
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	35,55	10,60	51,32	8,59	26,16	8,00	8,02	26,07	7,65	22,07	
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,68	1,01	0,46	1,05	0,79	1,08	1,10	0,82	1,10	0,84	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5557-B3	97-JC-5557-B3	97-JC-5557-B3	97-JC-5557-B3	97-JC-5557-B3	97-JC-5557-B3	97-JC-5557-C	97-JC-5557-C	97-JC-5557-C	97-JC-5557-C
Point	1b	1c	2a	2b	3a	3b	1a	1b	1c	2a
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb
Chromite	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,016	0,045	0,381	0,042	0,052	0,052	0,043	0,025	0,042	1,115
TiO ₂	0,729	0,771	0,481	0,748	0,582	0,975	0,014	0,376	0,881	0,028
Al ₂ O ₃	15,986	17,303	2,493	16,301	2,453	15,574	0,007	1,196	15,422	0,077
V ₂ O ₅	0,226	0,173	0,161	0,245	0,107	0,222	0,043	0,190	0,362	0,000
Cr ₂ O ₃	41,451	42,960	36,307	41,930	39,017	41,486	0,455	30,777	40,276	0,300
Fe ₂ O ₃	6,729	6,768	26,136	6,407	24,113	6,442	67,976	35,371	9,232	67,527
MgO	2,088	7,292	0,556	3,229	0,382	1,924	0,018	0,235	3,407	0,789
MnO	0,912	0,423	1,000	0,721	0,914	0,861	0,037	1,541	1,075	0,009
FeO	30,550	23,503	29,539	29,048	30,460	30,935	30,759	30,002	28,481	29,214
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,063	0,151	0,068	0,106	0,080	0,085	0,146	0,042	0,140	0,060
ZnO	0,190	0,097	0,148	0,156	0,145	0,180	0,033	0,289	0,294	0,171
Total	98,970	99,501	97,281	98,957	98,317	98,749	99,538	100,053	99,612	99,478
Si	0,004	0,012	0,116	0,012	0,016	0,014	0,013	0,007	0,011	0,340
Ti	0,151	0,152	0,110	0,154	0,132	0,203	0,003	0,085	0,181	0,007
Al	5,194	5,861	0,894	5,244	0,873	5,084	0,002	0,424	4,953	0,028
V	0,050	0,036	0,039	0,054	0,026	0,049	0,011	0,046	0,079	0,000
Cr	9,035	8,929	8,732	9,050	9,318	9,086	0,111	7,319	8,677	0,072
Fe ³⁺	1,396	1,339	5,983	1,316	5,481	1,343	15,835	8,006	1,893	15,490
Mg	0,858	2,858	0,252	1,314	0,172	0,794	0,008	0,105	1,384	0,358
Mn	0,213	0,094	0,258	0,167	0,234	0,202	0,010	0,393	0,248	0,002
Fe ²⁺	7,044	5,167	7,514	6,632	7,695	7,166	7,963	7,547	6,490	7,447
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,014	0,032	0,017	0,023	0,020	0,019	0,036	0,010	0,031	0,015
Zn	0,039	0,019	0,033	0,031	0,032	0,037	0,007	0,064	0,059	0,039
Total	23,998	23,999	23,948	23,997	23,999	23,997	23,999	24,006	24,006	23,798
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,20	0,26	0,80	0,20	0,71	0,19	1,99	1,06	0,29	2,08
Cr / (Cr+Al)	63,50	62,48	90,71	63,31	91,43	64,12	98,23	94,52	63,66	72,00
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	10,86	35,61	3,24	16,54	2,19	9,97	0,10	1,37	17,58	4,59
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,93	8,57	38,33	8,43	34,97	8,66	99,29	50,83	12,19	99,36
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,07	1,37	0,65	1,14	0,71	1,07	0,00	0,47	1,04	0,00

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-JC-5557-C	97-JC-5557-C	97-JC-5557-C	97-JC-5557-C	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1
Forme	2b	3a	3b	3c	1a	1b	2a	2b	3a	3b	Chr SII	Chr SII
Lithologie	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII
Chromite	Cœur	Bordure	Intermédiale	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,020	0,225	0,020	0,041	0,112	0,056	0,033	0,059	0,226	0,009		
TiO ₂	0,664	0,031	0,382	0,847	0,320	0,616	0,230	0,597	0,165	0,564	18,054	18,054
Al ₂ O ₃	2,301	0,066	1,504	14,767	7,821	17,839	12,692	18,247	10,074	0,243		
V ₂ O ₅	0,265	0,026	0,184	0,378	0,273	0,254	0,208	0,180	0,286	0,243		
Cr ₂ O ₃	32,322	0,627	32,458	38,583	55,163	42,981	52,836	43,100	55,142	42,252		
Fe ₂ O ₃	31,547	67,603	31,956	9,808	6,012	2,491	6,771	2,139	6,525	6,525		
MgO	0,360	0,914	0,245	1,221	3,122	5,545	4,650	7,245	3,818	5,222		
MnO	1,429	0,000	1,675	1,560	0,718	0,574	0,630	0,385	0,579	0,548		
FeO	30,198	29,184	29,390	30,823	27,458	26,234	26,525	24,047	27,032	26,780		
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
NiO	0,127	0,078	0,033	0,156	0,077	0,129	0,067	0,103	0,039	0,154		
ZnO	0,268	0,055	0,250	0,745	0,032	0,077	0,065	0,145	0,130	0,181		
Total	99,528	99,438	98,201	98,942	98,640	100,325	100,429	100,883	99,631	100,544		
Si	0,006	0,252	0,006	0,011	0,032	0,015	0,009	0,015	0,063	0,002		
Ti	0,150	0,007	0,088	0,178	0,068	0,122	0,047	0,116	0,034	0,112		
Al	0,813	0,024	0,570	4,870	2,620	5,537	4,045	5,564	3,287	5,606		
V	0,064	0,006	0,045	0,085	0,062	0,054	0,037	0,063	0,051	0,051		
Cr	7,664	0,151	8,536	12,396	8,950	11,298	8,817	12,070	8,801	8,801		
Fe ²⁺	7,120	15,535	7,342	2,065	0,755	1,192	0,507	1,318	0,446	1,294		
Mg	0,161	0,416	0,112	0,510	1,323	2,177	1,875	2,794	1,576	2,051		
Mn	0,363	0,000	0,433	0,370	0,173	0,128	0,144	0,084	0,136	0,122		
Fe ³⁺	7,574	7,453	7,505	7,213	6,526	5,778	5,999	5,203	6,259	5,900		
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Ni	0,031	0,019	0,008	0,035	0,018	0,027	0,015	0,021	0,009	0,033		
Zn	0,059	0,012	0,056	0,154	0,007	0,013	0,028	0,027	0,027	0,035		
Total	24,005	23,875	24,001	24,027	23,980	23,995	23,997	23,997	23,970	24,007		
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,94	2,08	0,98	0,29	0,12	0,21	0,08	0,25	0,07	0,22		
Cr/(Cr+Al)	90,41	86,29	93,22	63,67	83,55	73,64	61,31	78,60	61,09	61,09		
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	2,08	5,29	1,47	6,60	16,86	27,37	23,81	34,94	20,11	25,80		
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	45,65	98,89	46,62	13,35	4,79	7,60	3,20	8,40	2,82	8,24		
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,52	0,01	0,53	0,92	1,70	1,28	1,74	1,35	1,80	1,22		

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	1	2	3	1a	1b	1c	2a	2b	3a	Position	Lithologie	Chromite
	1	2	3	1a	1b	1c	2a	2b	3a			
97-JC-5557-E	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Filon SF	Bordure	Bordure	Bordure	Cœur	Perd	Bordure	Perd	Bordure
97-JC-5557-E	0,241	0,139	0,283	0,000	0,000	0,200	0,050	0,113	0,080			
97-JC-5557-E	42,582	42,691	43,927	1,273	9,421	38,074	43,127	9,654	37,599	7,787		
97-JC-5557-E	5,795	5,853	6,120	68,391	59,027	28,503	7,033	58,638	29,537	60,607		
97-JC-5557-E	6,918	5,169	7,289	0,000	0,095	0,710	3,907	0,072	0,654	0,056		
97-JC-5557-E	0,428	0,487	0,370	0,000	0,098	0,672	0,446	0,137	0,580	0,054		
97-JC-5557-E	24,010	26,540	23,376	30,810	30,927	29,784	27,196	30,881	29,992	30,913		
97-JC-5557-E	n.a.	n.a.	n.a.	0,276	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
97-JC-5557-E	0,138	0,135	0,108	0,155	0,119	0,056	0,066	0,115	0,070	0,175		
97-JC-5557-E	0,052	0,108	0,091	0,191	0,093	0,714	2,158	0,068	0,691	0,119		
97-JC-5557-E	99,130	99,157	99,478	101,129	99,934	99,701	99,789	99,783	99,909			
97-JC-5557-E	0,009	0,013	0,005	0,007	0,005	0,010	0,005	0,008	0,015			
97-JC-5557-E	0,127	0,140	0,114	0,000	0,021	0,070	0,067	0,021	0,015			
97-JC-5557-E	5,671	5,451	5,360	0,004	0,011	0,178	4,772	0,076	0,002			
97-JC-5557-E	0,051	0,030	0,060	0,000	0,000	0,003	0,044	0,012	0,020			
97-JC-5557-E	8,860	9,030	9,129	0,307	2,285	9,099	9,292	2,345	8,968	1,892		
97-JC-5557-E	1,148	1,178	1,211	15,681	13,628	6,483	1,442	13,555	6,706	14,012		
97-JC-5557-E	2,714	2,062	2,856	0,000	0,043	0,320	1,587	0,033	0,294	0,026		
97-JC-5557-E	0,095	0,110	0,082	0,000	0,025	0,103	0,036	0,148	0,014			
97-JC-5557-E	5,284	5,938	5,139	7,851	7,936	6,198	7,933	7,567	7,943			
97-JC-5557-E	n.a.	n.a.	n.a.	0,067	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
97-JC-5557-E	0,029	0,029	0,023	0,038	0,029	0,014	0,015	0,028	0,043			
97-JC-5557-E	0,010	0,021	0,018	0,043	0,021	0,159	0,434	0,015	0,154	0,027		
97-JC-5557-E	23,998	24,002	23,997	23,998	24,004	24,037	24,054	24,003	24,032	24,009		
97-JC-5557-E	0,22	0,20	0,24	2,00	1,72	0,86	0,23	1,71	0,89	1,76		
97-JC-5557-E	60,97	62,36	63,01	98,71	99,52	98,08	66,07	99,15	99,16	99,89		
97-JC-5557-E	33,93	25,78	35,72	0,00	0,54	4,08	20,39	0,41	3,74	0,33		
97-JC-5557-E	7,32	7,52	7,71	98,06	85,58	41,14	9,30	85,14	42,58	88,09		
97-JC-5557-E	1,38	1,27	1,44	0,01	0,11	0,65	1,22	0,11	0,63	0,09		
97-JC-5557-E	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)											

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	3b	3c	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b
Chromite	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
Lithologie	Périd	Périd	Chro SII	Chro SII	Chro SII	Chro SII	Chro SII	Chro SII	Chro SII	Chro SII
Point	3b	3c	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b
SiO ₂	0,19	0,035	0,017	0,003	0,000	0,016	0,029	0,015	0,024	0,029
TiO ₂	0,328	0,330	0,208	0,172	0,192	0,000	0,244	0,184	0,632	0,225
Al ₂ O ₃	0,736	14,356	15,464	15,234	15,236	14,346	15,493	15,442	5,194	15,256
V ₂ O ₅	0,092	0,129	0,062	0,014	0,069	0,066	0,092	0,099	0,082	0,066
Cr ₂ O ₃	39,575	43,144	45,595	46,266	46,085	45,912	45,833	45,924	43,374	45,709
Fe ₂ O ₃	26,262	7,269	6,047	5,746	5,874	6,864	5,484	5,485	18,066	5,813
MgO	0,743	2,685	4,685	4,831	4,559	4,353	4,581	4,511	2,081	4,774
MnO	0,575	0,531	0,750	0,751	0,686	0,753	0,718	0,752	0,919	0,750
FeO	29,724	29,048	26,434	26,127	26,687	26,378	26,595	26,585	28,786	26,106
CoO	n.a.	n.a.	0,120	0,108	0,014	0,194	0,086	0,129	0,226	0,126
NiO	0,008	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000
ZnO	0,849	2,391	0,911	0,785	0,981	0,827	0,892	0,923	0,589	0,968
Total	98,932	99,961	100,293	100,067	100,383	99,709	100,047	100,049	100,003	99,822
Si	0,006	0,010	0,005	0,009	0,000	0,004	0,008	0,004	0,007	0,008
Ti	0,075	0,068	0,042	0,035	0,039	0,000	0,049	0,037	0,137	0,046
Al	0,263	4,667	4,895	4,829	4,828	4,600	4,915	4,904	1,769	4,851
V	0,022	0,028	0,013	0,003	0,015	0,014	0,020	0,021	0,019	0,014
Cr	9,479	9,408	9,681	9,838	9,796	9,876	9,755	9,784	9,913	9,750
Fe ³⁺	5,987	1,509	1,222	1,163	1,188	1,405	1,111	1,112	3,930	1,180
Mg	0,336	1,104	1,876	1,937	1,827	1,765	1,838	1,812	0,897	1,920
Mn	0,148	0,124	0,171	0,171	0,156	0,173	0,164	0,172	0,225	0,171
Fe ²⁺	7,531	6,700	5,937	5,876	6,000	6,002	5,987	5,991	6,959	5,890
Co	n.a.	n.a.	0,026	0,023	0,003	0,042	0,019	0,028	0,052	0,027
Ni	0,002	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000
Zn	0,190	0,487	0,181	0,156	0,195	0,166	0,177	0,184	0,126	0,193
Total	24,039	24,112	24,049	24,040	24,047	24,043	24,049	24,041	24,050	24,050
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,23	0,23	0,21	0,20	0,20	0,23	0,19	0,19	0,56	0,20
Cr/(Cr+Al)	97,30	66,84	66,42	67,08	66,99	68,22	66,50	66,61	84,86	66,78
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	4,27	14,15	24,01	24,79	23,34	22,72	23,49	23,22	11,42	24,58
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	38,06	9,68	7,74	7,35	7,51	8,85	7,04	7,04	25,17	7,48
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,70	1,15	1,35	1,40	1,36	1,33	1,37	1,38	0,91	1,38

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-5642-B	97-MH-5642-B	97-MH-5642-B	97-MH-5642-B	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	97-MH-7371-01	
Point	5a	5b	6a	6b	1a	1b	1c	2a	2b	1b	1c	2a	2b	1b	1c	2a	2b	1b	1c	2a	2b	1b	1c
Lithologie	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst	Webst
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Intermédiaire	Intermédiaire
SiO ₂	0,027	0,018	0,006	0,023	0,064	0,115	0,008	0,038	0,009	0,968	0,850	0,038	0,009	0,968	0,850	0,038	0,009	0,968	0,850	0,038	0,009	0,968	0,850
TiO ₂	0,472	0,140	0,156	0,048	0,715	0,758	4,422	0,928	0,968	0,850	0,850	0,928	0,968	0,850	0,850	0,928	0,968	0,850	0,850	0,928	0,968	0,850	0,850
Al ₂ O ₃	5,133	15,264	15,358	15,394	0,514	4,009	12,140	0,467	12,804	0,999	0,999	0,467	12,804	0,999	0,999	0,467	12,804	0,999	0,999	0,467	12,804	0,999	0,999
V ₂ O ₅	0,139	0,125	0,014	0,011	0,171	0,161	0,201	0,136	0,440	0,104	0,104	0,136	0,440	0,104	0,104	0,136	0,440	0,104	0,104	0,136	0,440	0,104	0,104
Cr ₂ O ₃	43,169	45,870	45,469	45,877	33,005	33,484	34,179	31,734	32,386	35,886	35,886	31,734	32,386	35,886	35,886	31,734	32,386	35,886	35,886	31,734	32,386	35,886	35,886
Fe ₂ O ₃	18,415	6,296	5,919	6,098	31,864	27,247	9,662	32,411	17,698	30,381	30,381	32,411	17,698	30,381	30,381	32,411	17,698	30,381	30,381	32,411	17,698	30,381	30,381
MgO	2,079	4,866	4,638	4,951	0,935	0,196	0,467	0,449	0,483	0,101	0,101	0,449	0,483	0,101	0,101	0,449	0,483	0,101	0,101	0,449	0,483	0,101	0,101
MnO	0,878	0,785	0,738	0,726	1,081	1,119	1,586	1,110	1,153	0,815	0,815	1,110	1,153	0,815	0,815	1,110	1,153	0,815	0,815	1,110	1,153	0,815	0,815
FeO	28,562	26,053	26,243	25,760	30,428	30,834	34,571	30,370	32,007	31,387	31,387	30,370	32,007	31,387	31,387	30,370	32,007	31,387	31,387	30,370	32,007	31,387	31,387
CoO	0,229	0,000	0,132	0,149	0,245	0,188	0,258	0,192	0,144	0,299	0,299	0,192	0,144	0,299	0,299	0,192	0,144	0,299	0,299	0,144	0,144	0,299	0,299
NiO	0,056	0,000	0,000	0,000	0,034	0,000	0,000	0,000	0,003	0,064	0,064	0,000	0,003	0,064	0,064	0,000	0,003	0,064	0,064	0,003	0,003	0,064	0,064
ZnO	0,680	0,817	0,902	1,004	0,755	0,976	1,420	0,760	1,140	0,354	0,354	0,760	1,140	0,354	0,354	0,760	1,140	0,354	0,354	1,140	1,140	0,354	0,354
Total	99,839	100,234	99,575	99,981	98,911	99,147	98,914	98,195	99,235	100,608	100,608	98,195	99,235	100,608	100,608	98,195	99,235	100,608	100,608	99,235	99,235	100,608	100,608
Si	0,008	0,005	0,002	0,006	0,019	0,034	0,002	0,012	0,003	0,011	0,011	0,002	0,003	0,011	0,011	0,002	0,003	0,011	0,011	0,003	0,003	0,011	0,011
Ti	0,103	0,028	0,032	0,010	0,164	0,170	0,950	0,215	0,207	0,192	0,192	0,215	0,207	0,192	0,192	0,215	0,207	0,192	0,192	0,207	0,207	0,192	0,192
Al	1,753	4,830	4,897	4,863	0,185	1,433	4,087	0,170	4,294	0,117	0,117	0,170	4,294	0,117	0,117	0,170	4,294	0,117	0,117	4,294	4,294	0,117	0,117
V	0,032	0,027	0,003	0,002	0,042	0,039	0,046	0,034	0,100	0,025	0,025	0,034	0,100	0,025	0,025	0,034	0,100	0,025	0,025	0,100	0,100	0,025	0,025
Cr	9,889	9,736	9,726	9,760	7,981	7,909	7,720	7,734	7,287	8,521	8,521	7,734	7,287	8,521	8,521	7,734	7,287	8,521	8,521	7,287	7,287	8,521	8,521
Fe ²⁺	4,015	1,272	1,205	1,235	7,334	6,125	2,077	7,518	3,790	6,865	6,865	7,518	3,790	6,865	6,865	7,518	3,790	6,865	6,865	3,790	3,790	6,865	6,865
Mg	0,898	1,948	1,871	1,986	0,016	0,087	0,199	0,222	0,205	0,045	0,045	0,222	0,205	0,045	0,045	0,222	0,205	0,045	0,045	0,205	0,205	0,045	0,045
Mn	0,215	0,179	0,169	0,165	0,280	0,283	0,384	0,290	0,278	0,207	0,207	0,290	0,278	0,207	0,207	0,290	0,278	0,207	0,207	0,278	0,278	0,207	0,207
Fe ³⁺	6,921	5,849	5,938	5,797	7,783	7,703	8,259	7,830	7,617	7,883	7,883	7,830	7,617	7,883	7,883	7,830	7,617	7,883	7,883	7,617	7,617	7,883	7,883
Co	0,053	0,000	0,029	0,032	0,060	0,045	0,059	0,047	0,033	0,072	0,072	0,047	0,033	0,072	0,072	0,047	0,033	0,072	0,072	0,033	0,033	0,072	0,072
Ni	0,013	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,001	0,015	0,015	0,000	0,001	0,015	0,015	0,000	0,001	0,015	0,015	0,001	0,001	0,015	0,015
Zn	0,145	0,162	0,180	0,199	0,170	0,215	0,299	0,173	0,239	0,079	0,079	0,173	0,239	0,079	0,079	0,173	0,239	0,079	0,079	0,239	0,239	0,079	0,079
Total	24,045	24,036	24,052	24,055	24,042	24,043	24,082	24,045	24,054	24,032	24,032	24,045	24,054	24,032	24,032	24,045	24,054	24,032	24,032	24,054	24,054	24,032	24,032
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0,58	0,22	0,20	0,21	0,94	0,80	0,25	0,96	0,50	0,87	0,87	0,96	0,50	0,87	0,87	0,96	0,50	0,87	0,87	0,50	0,50	0,87	0,87
Cr/(Cr+Al)	84,94	66,84	66,51	66,74	97,73	84,66	65,38	97,85	62,92	98,65	98,65	97,85	62,92	98,65	98,65	97,85	62,92	98,65	98,65	62,92	62,92	98,65	98,65
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	11,48	24,98	23,96	25,52	0,21	1,12	2,35	0,28	2,62	0,57	0,57	0,28	2,62	0,57	0,57	0,28	2,62	0,57	0,57	2,62	2,62	0,57	0,57
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	25,64	8,03	7,61	7,79	47,32	39,60	14,96	48,75	24,66	44,28	44,28	48,75	24,66	44,28	44,28	48,75	24,66	44,28	44,28	24,66	24,66	44,28	44,28
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,90	1,37	1,36	1,39	0,53	0,57	0,75	0,50	0,64	0,58	0,58	0,50	0,64	0,58	0,58	0,50	0,64	0,58	0,58	0,64	0,64	0,58	0,58

Tableau C.2 Composition des chrites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	1c	2a	2b	3a	3b	4b	4c	1a	1b	2a
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb	Harzb	Harzb
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,005	0,044	0,013	0,037	0,003	0,055	0,013	0,027	0,034	0,037
TiO ₂	0,732	0,992	2,146	0,613	1,360	0,881	0,950	1,296	0,756	1,226
Al ₂ O ₃	14,590	0,832	11,711	0,215	12,376	0,455	12,849	0,680	15,936	0,695
V ₂ O ₅	0,148	0,091	0,234	0,094	0,223	0,077	0,166	0,065	0,155	0,198
Cr ₂ O ₃	39,550	35,081	39,178	31,330	39,181	34,598	38,936	35,154	39,507	35,361
Fe ₂ O ₃	10,454	29,884	11,400	34,043	11,982	31,128	12,476	29,602	9,123	29,219
MgO	1,325	0,167	0,907	0,060	0,841	0,106	0,895	0,236	1,548	0,202
MnO	0,789	0,790	0,871	0,714	0,870	0,781	0,865	0,699	0,582	0,625
FeO	31,836	31,300	33,262	30,550	32,699	31,283	32,310	31,617	32,020	31,563
CoO	0,114	0,316	0,094	0,230	0,164	0,298	0,277	0,134	0,117	0,262
NiO	0,000	0,037	0,000	0,071	0,000	0,025	0,000	0,054	0,000	0,020
ZnO	0,494	0,341	0,333	0,246	0,456	0,507	0,393	0,363	0,375	0,280
Total	100,037	99,875	100,149	98,203	100,155	100,194	100,130	99,927	100,153	99,688
Si	0,001	0,013	0,004	0,011	0,001	0,017	0,004	0,008	0,009	0,011
Ti	0,153	0,225	0,454	0,142	0,287	0,200	0,200	0,294	0,156	0,279
Al	4,764	0,296	3,881	0,078	4,095	0,162	4,242	0,241	5,152	0,248
V	0,033	0,022	0,053	0,023	0,050	0,019	0,037	0,016	0,034	0,048
Cr	8,663	8,363	8,710	7,641	8,696	8,249	8,624	8,375	8,568	8,443
Fe ³⁺	2,179	6,781	2,412	7,902	2,531	7,064	2,630	6,713	1,883	6,640
Mg	0,547	0,075	0,380	0,028	0,352	0,048	0,374	0,106	0,633	0,091
Mn	0,185	0,202	0,207	0,187	0,199	0,205	0,178	0,135	0,160	0,160
Fe ²⁺	7,376	7,893	7,822	7,881	7,676	7,890	7,570	7,345	7,971	7,971
Co	0,025	0,076	0,021	0,057	0,037	0,072	0,062	0,032	0,063	0,063
Ni	0,000	0,009	0,000	0,018	0,000	0,006	0,000	0,013	0,005	0,005
Zn	0,101	0,076	0,069	0,056	0,094	0,113	0,081	0,081	0,062	0,062
Total	24,027	24,031	24,013	24,024	24,026	24,039	24,029	24,025	24,017	24,021
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,30	0,86	0,31	1,00	0,33	0,90	0,35	0,84	0,26	0,83
Cr/(Cr+Al)	64,52	96,58	69,18	98,99	67,99	98,07	67,03	97,20	62,45	97,15
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	6,90	0,94	4,63	0,35	4,38	0,60	4,71	1,31	7,93	1,13
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	13,96	43,92	16,08	50,59	16,52	45,65	16,97	43,79	12,07	43,31
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,91	0,57	0,85	0,48	0,85	0,55	0,85	0,57	0,93	0,58

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-03		97-MH-7371-03		97-MH-7371-03		97-MH-7371-03		97-MH-7371-03		97-MH-7371-03		97-MH-7371-03	
	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	5c	6a	6b	Harzb	Cœur	Harzb	Cœur
Lithologie	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
SiO ₂	0,008	0,025	0,009	0,021	0,015	0,080	0,035	0,012	0,043	0,021				
TiO ₂	1,926	1,348	1,322	0,957	0,916	0,698	1,239	0,525	0,469	1,025				
Al ₂ O ₃	12,480	0,563	16,319	1,001	14,205	0,141	1,048	12,161	0,058	1,669				
V ₂ O ₃	0,223	0,143	0,094	0,052	0,144	0,161	0,100	0,197	0,027	0,097				
Cr ₂ O ₃	39,687	36,420	40,044	37,878	40,970	27,689	35,440	38,558	18,209	36,209				
Fe ₂ O ₃	10,750	28,248	7,185	26,835	9,573	39,188	29,155	14,834	48,080	27,958				
MgO	1,187	0,175	1,786	0,249	1,351	0,132	0,263	1,031	0,000	0,304				
MnO	0,684	0,689	0,576	0,731	0,846	0,487	0,602	0,697	0,311	0,635				
FeO	33,046	31,734	32,270	31,220	32,064	31,345	31,758	31,870	30,809	31,528				
CoO	0,155	0,224	0,159	0,200	0,194	0,548	0,263	0,173	0,353	0,069				
NiO	0,000	0,015	0,030	0,000	0,000	0,131	0,082	0,000	0,005	0,020				
ZnO	0,285	0,297	0,361	0,282	0,401	0,312	0,286	0,300	0,396	0,375				
Total	100,431	99,881	100,155	99,426	100,679	100,912	100,271	100,358	98,760	99,910				
Si	0,002	0,007	0,002	0,006	0,004	0,024	0,010	0,003	0,013	0,006				
Ti	0,404	0,306	0,272	0,217	0,190	0,158	0,279	0,111	0,109	0,231				
Al	4,101	0,200	5,255	0,356	4,615	0,050	0,370	4,018	0,021	0,589				
V	0,050	0,035	0,021	0,013	0,032	0,039	0,024	0,044	0,007	0,023				
Cr	8,749	8,683	8,650	9,041	8,929	6,589	8,396	8,545	4,455	8,573				
Fe ³⁺	2,256	6,410	1,477	6,097	1,986	8,875	6,574	3,129	11,197	6,300				
Mg	0,493	0,079	0,727	0,112	0,555	0,059	0,117	0,431	0,000	0,136				
Mn	0,162	0,176	0,133	0,187	0,198	0,124	0,153	0,165	0,081	0,161				
Fe ²⁺	7,706	8,003	7,373	7,883	7,392	7,890	7,958	7,471	7,974	7,896				
Co	0,035	0,054	0,035	0,048	0,043	0,132	0,063	0,039	0,088	0,016				
Ni	0,000	0,004	0,007	0,000	0,000	0,032	0,020	0,000	0,001	0,005				
Zn	0,059	0,066	0,073	0,063	0,082	0,069	0,063	0,062	0,090	0,083				
Total	24,017	24,023	24,025	24,023	24,026	24,041	24,027	24,018	24,036	24,019				
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,29	0,80	0,20	0,77	0,27	1,12	0,83	0,42	1,40	0,80				
Cr/(Cr+Al)	68,09	97,75	62,21	96,21	65,93	99,25	95,78	68,02	99,53	93,57				
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	6,01	0,98	8,98	1,40	6,98	0,74	1,45	5,45	0,00	1,69				
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	14,93	41,91	9,60	39,35	12,79	57,21	42,86	19,94	71,44	40,75				
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,88	0,60	0,98	0,65	0,95	0,39	0,58	0,81	0,23	0,60				

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe^{2+}	Mg	Mn	Fe^{2+}	Ca	Ni	Zn	Total	$Fe^{2+}/Fe^{2+}+Fe^{3+}$	$Cr/(Cr+Al)$	$Mg/(Mg+Fe^{2+})$	$Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Al+Cr)$	$Cr/(Fe^{2+}+Fe^{3+})$
97-MH-7371-04	1a	Harzb à chro	Bordure	0,034	0,916	2,026	37,918	26,265	0,338	1,148	31,051	0,382	0,007	0,223	100,499	0,010	0,205	0,709	0,033	8,902	13,184	0,000	0,149	0,091	0,002	0,051	24,022	0,76	0,28	1,90	37,91	82,86	0,13
97-MH-7371-04	1c	Harzb à chro	Ceure	0,029	0,495	0,252	40,785	9,755	1,869	1,018	30,992	0,156	0,007	0,336	100,307	0,009	0,184	0,647	0,039	8,880	2,021	0,767	0,238	0,034	0,001	0,068	24,019	0,28	0,28	1,90	37,91	82,86	0,13
97-MH-7371-04	2b	Harzb à chro	Intermédiaire	0,000	0,376	16,689	31,775	6,795	0,090	0,902	26,672	0,176	0,016	0,247	99,429	0,009	0,113	0,090	0,002	7,651	7,970	1,943	0,233	0,043	0,004	0,056	24,021	1,02	0,23	0,52	13,00	50,73	0,48
97-MH-7371-04	2c	Harzb à chro	Ceure	0,026	0,608	1,093	37,019	28,043	0,271	1,062	30,420	0,356	0,044	0,426	99,389	0,008	0,138	0,389	0,005	8,848	6,379	0,222	0,272	0,086	0,011	0,095	24,043	0,23	0,23	0,52	13,00	50,73	0,48
97-MH-7371-04	3a	Harzb à chro	Bordure	0,005	0,686	16,524	41,797	8,493	6,004	0,472	25,274	0,456	0,041	0,216	100,083	0,001	0,137	5,168	0,024	8,769	1,696	2,375	0,106	0,097	0,009	0,042	24,033	0,30	0,30	0,52	13,00	50,73	0,48
97-MH-7371-04	3b	Harzb à chro	Ceure	0,059	0,032	0,000	1,776	66,792	0,000	0,472	25,274	0,367	0,074	0,247	100,343	0,018	0,007	0,000	0,012	0,431	15,445	0,000	0,106	0,090	0,009	0,018	24,030	0,30	0,30	0,52	13,00	50,73	0,48
97-MH-7371-04	4a	Harzb à chro	Bordure	0,029	0,557	0,000	1,776	66,792	0,000	0,472	25,274	0,367	0,074	0,247	100,343	0,018	0,007	0,000	0,012	0,431	15,445	0,000	0,106	0,090	0,009	0,018	24,030	0,30	0,30	0,52	13,00	50,73	0,48
97-MH-7371-04	4b	Harzb à chro	Intermédiaire	0,029	0,557	0,000	1,776	66,792	0,000	0,472	25,274	0,367	0,074	0,247	100,343	0,018	0,007	0,000	0,012	0,431	15,445	0,000	0,106	0,090	0,009	0,018	24,030	0,30	0,30	0,52	13,00	50,73	0,48
97-MH-7371-04	4c	Harzb à chro	Ceure	0,013	0,719	15,557	41,480	8,975	4,437	0,801	27,180	0,269	0,031	0,253	99,643	0,003	0,146	4,956	0,033	8,777	6,117	1,788	0,183	0,064	0,000	0,016	24,032	0,30	0,30	0,52	13,00	50,73	0,48

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillon	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6b
Point	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII
Lithologie	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Bordure	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,025	0,022	0,026	0,024	0,010	0,010	0,038	0,008	0,042	0,021	0,048
TiO ₂	0,610	0,774	0,819	0,506	0,514	0,514	0,706	0,616	0,810	0,506	0,854
Al ₂ O ₃	0,198	16,053	1,768	17,501	16,222	16,222	0,974	17,337	0,720	16,538	1,437
V ₂ O ₅	0,115	0,203	0,174	0,083	0,138	0,138	0,097	0,178	0,080	0,141	0,079
Cr ₂ O ₃	25,308	40,236	36,843	40,253	40,040	40,040	36,066	40,178	34,979	40,124	34,463
Fe ₂ O ₃	41,615	8,206	26,946	7,208	7,685	7,685	28,799	7,365	29,465	7,910	29,346
MgO	0,085	2,936	0,264	2,910	1,801	1,801	0,156	3,478	0,182	2,536	0,259
MnO	0,493	0,777	0,850	0,792	0,761	0,761	0,755	0,667	0,817	0,817	0,791
FeO	31,271	29,395	30,925	29,522	30,756	30,756	30,785	28,666	30,553	29,740	30,779
CaO	0,404	0,081	0,407	0,269	0,096	0,096	0,303	0,025	0,302	0,116	0,251
NiO	0,090	0,000	0,081	0,000	0,000	0,000	0,066	0,000	0,005	0,000	0,041
ZnO	0,372	0,407	0,253	0,221	0,275	0,275	0,422	0,222	0,276	0,227	0,417
Total	100,586	99,090	99,356	99,289	98,298	98,298	99,300	98,828	98,281	98,676	98,765
Si	0,007	0,006	0,008	0,006	0,003	0,003	0,011	0,002	0,013	0,006	0,015
Ti	0,139	0,160	0,185	0,103	0,107	0,107	0,161	0,126	0,187	0,105	0,195
Al	0,071	5,184	0,627	5,603	5,314	5,314	0,348	5,553	0,260	5,362	0,514
V	0,028	0,045	0,042	0,018	0,031	0,031	0,024	0,039	0,020	0,031	0,019
Cr	6,051	8,716	8,771	8,645	8,799	8,799	8,642	8,633	8,475	8,727	8,277
Fe*	9,471	1,692	6,105	1,474	1,607	1,607	1,506	1,506	6,795	1,637	6,708
Mg	0,038	1,199	0,119	1,179	0,746	0,746	1,409	0,083	0,083	1,040	0,117
Mn	0,126	0,180	0,217	0,182	0,179	0,179	0,228	0,174	0,225	0,190	0,203
Fe**	7,909	6,735	7,787	6,707	7,149	7,149	7,802	6,515	7,830	6,842	7,819
Co	0,098	0,018	0,098	0,059	0,021	0,021	0,074	0,005	0,074	0,026	0,061
Ni	0,022	0,000	0,020	0,000	0,016	0,016	0,000	0,000	0,001	0,000	0,010
Zn	0,083	0,082	0,056	0,044	0,094	0,094	0,045	0,062	0,046	0,046	0,093
Total	24,043	24,017	24,035	24,020	24,013	24,013	24,038	24,007	24,025	24,012	24,031
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	1,20	0,25	0,78	0,22	0,22	0,22	0,84	0,23	0,87	0,24	0,86
Cr/(Cr+Al)	98,84	62,71	93,33	60,68	62,35	62,35	60,13	60,86	97,02	61,94	94,15
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,48	15,11	1,51	14,95	9,45	9,45	17,78	1,05	1,05	13,19	1,47
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	60,74	10,85	39,38	9,38	10,22	10,22	42,21	9,60	43,75	10,41	43,28
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,35	1,03	0,63	1,06	1,00	1,00	0,60	1,08	0,58	1,03	0,57

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons Point	97-MH-7371-05		97-MH-7371-06		97-MH-7371-06		97-MH-7371-06		97-MH-7371-06		97-MH-7371-06		97-MH-7371-06	
	6c Chr Sil	1a Harzb / Chr	1b Harzb / Chr	2 Harzb / Chr	4a Harzb / Chr	4b Harzb / Chr	5 Harzb / Chr	6a Harzb / Chr	6b Harzb / Chr	7a Harzb / Chr				
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure				
SiO ₂	0,008	0,048	0,031	0,007	0,049	0,007	0,016	0,059	0,007	0,059				
TiO ₂	0,735	0,957	0,495	0,727	0,978	0,625	0,596	1,134	0,521	1,134				
Al ₂ O ₃	17,462	5,157	16,825	16,984	2,613	17,151	17,576	1,871	16,836	1,871				
V ₂ O ₅	0,102	0,130	0,164	0,161	0,126	0,088	0,140	0,176	0,103	0,176				
Cr ₂ O ₃	39,228	37,775	41,636	41,221	36,700	41,333	41,966	35,330	41,315	35,330				
Fe ₂ O ₃	8,117	21,760	7,181	7,592	25,322	7,098	7,350	26,951	7,398	26,951				
MgO	3,655	0,499	3,645	4,713	0,360	3,885	6,421	0,285	3,662	0,285				
MnO	0,712	0,719	0,599	0,489	0,697	0,526	0,425	0,761	0,553	0,761				
FeO	28,585	31,382	28,553	27,279	30,993	28,484	24,725	30,905	28,569	30,905				
CaO	0,000	0,188	0,065	0,000	0,235	0,223	0,090	0,111	0,074	0,111				
NiO	0,005	0,042	0,046	0,040	0,064	0,000	0,027	0,080	0,000	0,080				
ZnO	0,302	0,282	0,335	0,293	0,219	0,330	0,053	0,342	0,417	0,342				
Total	98,911	98,939	99,575	99,506	98,356	99,750	99,385	98,005	99,455	98,005				
Si	0,002	0,014	0,008	0,002	0,015	0,002	0,004	0,018	0,002	0,018				
Ti	0,150	0,213	0,101	0,147	0,222	0,126	0,119	0,260	0,106	0,260				
Al	5,582	1,798	5,360	5,370	0,931	5,440	5,479	0,672	5,371	0,672				
V	0,022	0,031	0,036	0,035	0,031	0,019	0,030	0,043	0,022	0,043				
Cr	8,412	8,836	8,898	8,743	8,768	8,796	8,777	8,514	8,842	8,514				
Fe ³⁺	1,657	4,845	1,461	1,533	5,758	1,438	1,463	6,182	1,507	6,182				
Mg	1,478	0,220	1,469	1,885	0,162	1,559	2,532	0,130	1,478	0,130				
Mn	0,164	0,180	0,137	0,111	0,178	0,120	0,095	0,197	0,127	0,197				
Fe ²⁺	6,484	7,765	6,454	6,120	7,832	6,411	5,469	7,878	6,467	7,878				
Co	0,000	0,045	0,014	0,000	0,057	0,048	0,019	0,027	0,016	0,027				
Ni	0,001	0,010	0,010	0,009	0,015	0,000	0,006	0,020	0,000	0,020				
Zn	0,061	0,062	0,067	0,058	0,049	0,066	0,010	0,077	0,083	0,077				
Total	24,013	24,019	24,015	24,013	24,018	24,025	24,003	24,018	24,021	24,018				
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,26	0,62	0,23	0,25	0,74	0,22	0,27	0,78	0,23	0,78				
Cr/(Cr+Al)	60,11	83,09	62,41	61,95	90,40	61,79	61,57	92,68	62,21	92,68				
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	18,56	2,76	18,54	23,55	2,03	19,56	31,65	1,62	18,60	1,62				
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	10,59	31,30	9,29	9,80	37,25	9,17	9,31	40,23	9,59	40,23				
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,03	0,70	1,12	1,14	0,65	1,12	1,27	0,61	1,11	0,61				

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	7b	1	1b	2a	2b	2c	3a	3b	4a	4b
Lithologie	Harzb / Chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt	Harzb à chrt
Chromite	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Intérimédiale	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intérimédiale
SiO ₂	0,012	0,037	0,046	0,059	0,041	0,007	0,041	0,012	1,090	0,053
TiO ₂	0,488	0,806	0,735	0,213	1,059	0,521	1,254	0,640	0,119	1,162
Al ₂ O ₃	17,431	0,385	15,721	0,202	1,298	16,087	1,507	16,588	0,093	0,427
V ₂ O ₅	0,179	0,140	0,200	0,135	0,039	0,147	0,116	0,118	0,044	0,060
Cr ₂ O ₃	40,136	35,202	39,340	14,178	36,286	40,214	35,585	40,469	10,797	36,476
Fe ₂ O ₃	7,520	30,563	9,189	53,940	28,041	9,078	28,102	9,331	57,528	28,703
MgO	2,580	0,131	1,427	0,000	0,205	2,701	0,221	4,728	1,621	0,167
MnO	0,666	0,803	0,781	0,226	0,891	0,736	0,845	0,663	0,203	0,800
FeO	30,243	31,065	31,796	31,138	31,320	29,804	31,532	27,068	28,171	31,439
CoO	0,049	0,361	0,289	0,331	0,424	0,037	0,341	0,068	0,271	0,395
NiO	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,013	0,053	0,000	0,000	0,025
ZnO	0,230	0,173	0,586	0,094	0,242	0,568	0,295	0,434	0,321	0,367
Total	99,534	99,681	100,110	100,334	99,846	99,900	99,852	100,172	100,258	100,074
Si	0,003	0,011	0,013	0,018	0,012	0,002	0,012	0,003	0,326	0,016
Ti	0,100	0,184	0,152	0,049	0,239	0,107	0,283	0,129	0,027	0,263
Al	5,581	0,137	5,098	0,007	0,460	5,169	0,533	5,229	0,033	0,152
V	0,039	0,034	0,044	0,033	0,009	0,032	0,028	0,025	0,011	0,014
Cr	8,621	8,429	8,558	3,419	8,622	8,668	8,445	8,558	2,555	8,693
Fe ³⁺	1,537	6,965	1,903	12,382	6,342	1,862	6,347	1,878	12,956	6,510
Mg	1,045	0,059	0,585	0,000	0,092	1,098	0,999	1,885	0,723	0,075
Mn	0,153	0,206	0,182	0,058	0,227	0,170	0,215	0,150	0,052	0,204
Fe ²⁺	6,871	7,868	7,316	7,943	7,872	6,795	7,915	6,054	7,051	7,925
Co	0,011	0,088	0,064	0,081	0,102	0,008	0,082	0,014	0,065	0,095
Ni	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,012	0,000	0,006
Zn	0,046	0,039	0,119	0,021	0,054	0,114	0,065	0,086	0,071	0,082
Total	24,007	24,024	24,034	24,011	24,031	24,025	24,027	24,023	23,870	24,035
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,22	0,89	0,26	1,56	0,81	0,27	0,80	0,31	1,84	0,82
Cr/(Cr+Al)	60,70	98,40	62,67	99,80	94,94	62,64	94,06	62,07	98,72	98,28
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	13,20	0,74	7,40	0,00	1,16	13,91	1,24	23,74	9,30	0,94
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	9,77	44,85	12,23	78,33	41,12	11,86	41,42	11,99	83,35	42,40
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,03	0,57	0,93	0,17	0,61	1,00	0,59	1,08	0,13	0,60

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Harzb à chro	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure
	4c	1a	1b	2a	2b	2c	3	4a	4b	4b	4b	4b	4b
97-MH-7371-07	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08
SiO ₂	0,006	0,028	0,019	0,050	0,028	0,010	0,000	0,031	0,005	0,042			
TiO ₂	0,890	0,524	0,479	0,731	0,570	0,567	0,621	0,832	0,542	0,829			
Al ₂ O ₃	14,413	8,670	17,430	4,394	16,583	17,697	17,603	3,198	17,199	3,893			
V ₂ O ₅	0,207	0,137	0,108	0,242	0,166	0,235	0,079	0,156	0,119	0,188			
Cr ₂ O ₃	39,469	39,469	41,598	38,436	41,501	42,227	42,456	36,855	41,927	37,659			
Fe ₂ O ₃	10,468	17,121	7,459	22,404	7,641	7,877	8,017	25,362	8,394	23,565			
MgO	1,100	0,941	4,526	0,561	3,662	7,722	8,336	0,505	6,875	0,425			
MnO	0,797	0,836	0,768	0,847	0,650	0,386	0,403	0,806	0,384	0,812			
FeO	32,256	31,066	27,316	30,802	28,580	22,839	21,928	30,865	24,044	31,056			
CoO	0,183	0,233	0,011	0,334	0,072	0,000	0,065	0,102	0,000	0,282			
NiO	0,000	0,060	0,036	0,051	0,000	0,039	0,000	0,109	0,042	0,038			
ZnO	0,495	0,218	0,195	0,303	0,231	0,066	0,158	0,354	0,174	0,328			
Total	100,074	99,203	99,945	99,155	99,684	99,665	99,175	99,705	99,117				
Si	0,002	0,008	0,005	0,015	0,008	0,003	0,000	0,009	0,001	0,013			
Ti	0,186	0,114	0,096	0,163	0,116	0,112	0,122	0,187	0,107	0,185			
Al	4,716	2,951	5,483	1,535	5,282	5,452	5,405	1,125	5,342	1,366			
V	0,046	0,032	0,023	0,058	0,036	0,049	0,016	0,037	0,025	0,045			
Cr	8,618	9,012	8,779	9,006	8,867	8,726	8,745	8,701	8,737	8,864			
Fe ²⁺	2,187	3,721	1,498	4,996	1,554	1,549	1,572	5,699	1,665	5,279			
Mg	0,455	0,362	1,801	0,248	1,475	3,009	3,238	0,225	2,701	0,189			
Mn	0,187	0,204	0,174	0,213	0,149	0,086	0,089	0,204	0,086	0,205			
Fe ²⁺	7,490	7,503	6,098	7,634	6,459	4,992	4,778	7,707	5,300	7,732			
Co	0,041	0,054	0,002	0,079	0,016	0,000	0,014	0,024	0,000	0,067			
Ni	0,000	0,014	0,008	0,012	0,000	0,008	0,000	0,026	0,009	0,009			
Zn	0,101	0,047	0,038	0,056	0,046	0,013	0,030	0,078	0,034	0,072			
Total	24,029	24,022	24,005	24,025	24,008	23,999	24,009	24,022	24,007	24,026			
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0,29	0,50	0,25	0,65	0,24	0,31	0,33	0,74	0,31	0,68			
Cr/(Cr+Al)	64,69	75,33	61,56	85,44	62,67	61,55	61,80	88,55	62,06	88,65			
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	5,73	4,60	22,80	3,15	18,59	37,61	40,39	2,84	33,76	2,39			
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	14,09	23,72	9,51	32,16	9,90	9,85	10,00	36,71	10,58	34,04			
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,89	0,80	1,16	0,71	1,11	1,33	1,38	0,65	1,25	0,68			

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-08	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09
Point	5b	5c	6a	6b	7a	7b	7c	7d	1a	1b	2a	2b
Lithologie	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII
Chromite	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
SiO ₂	0,013	0,010	0,021	0,000	0,018	0,000	0,058	0,013	0,031	0,005		
TiO ₂	0,562	0,536	0,667	0,446	0,752	0,733	1,021	0,583	0,795	0,450		
Al ₂ O ₃	17,337	17,762	4,275	17,536	6,567	16,928	0,781	16,299	4,420	17,705		
V ₂ O ₅	0,180	0,135	0,195	0,162	0,164	0,177	0,182	0,168	0,131	0,170		
Cr ₂ O ₃	40,425	42,289	36,887	40,480	38,678	40,448	36,237	41,215	37,553	42,437		
Fe ₂ O ₃	7,336	7,759	24,550	7,449	20,520	7,954	28,828	8,140	23,785	7,312		
MgO	2,463	2,873	0,449	3,335	0,580	3,543	0,203	2,773	0,432	6,160		
MnO	0,779	0,376	0,813	0,656	0,852	0,744	0,648	0,648	0,743	0,450		
FeO	30,456	22,545	31,070	29,036	31,596	28,965	31,372	30,078	31,475	25,198		
CoO	0,081	0,002	0,149	0,098	0,201	0,198	0,396	0,064	0,229	0,078		
NiO	0,004	0,000	0,044	0,020	0,023	0,000	0,064	0,000	0,000	0,009		
ZnO	0,253	0,212	0,275	0,227	0,286	0,307	0,214	0,475	0,331	0,296		
Total	99,889	99,499	99,395	99,445	100,237	99,908	100,100	100,456	99,925	100,270		
Si	0,004	0,003	0,006	0,000	0,005	0,000	0,017	0,003	0,009	0,001		
Ti	0,115	0,105	0,149	0,091	0,164	0,149	0,231	0,119	0,176	0,089		
Al	5,540	5,474	1,493	5,588	2,243	5,381	0,277	5,200	1,535	5,487		
V	0,039	0,028	0,046	0,035	0,038	0,038	0,044	0,036	0,031	0,036		
Cr	8,666	8,744	8,642	8,653	8,863	8,626	8,612	8,820	8,746	8,822		
Fe ²⁺	1,497	1,527	5,474	1,516	4,475	1,614	6,521	1,658	5,272	1,447		
Mg	0,996	3,069	0,198	1,344	0,251	1,425	0,091	1,119	0,190	2,415		
Mn	0,179	0,083	0,204	0,150	0,209	0,150	0,189	0,149	0,185	0,100		
Fe ³⁺	6,906	4,931	7,699	6,565	7,659	6,534	7,886	6,808	7,754	5,541		
Co	0,018	0,000	0,035	0,021	0,047	0,043	0,095	0,014	0,054	0,016		
Ni	0,001	0,000	0,011	0,004	0,005	0,000	0,016	0,000	0,000	0,002		
Zn	0,051	0,041	0,060	0,045	0,061	0,061	0,048	0,095	0,072	0,057		
Total	24,012	24,005	24,017	24,012	24,020	24,021	24,027	24,021	24,024	24,013		
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,22	0,31	0,71	0,23	0,58	0,25	0,83	0,24	0,68	0,26		
Cr/(Cr+Al)	61,00	61,50	85,27	60,76	79,80	61,58	96,88	62,91	85,07	61,65		
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	12,60	38,36	2,51	16,99	3,17	17,90	1,14	14,12	2,39	30,35		
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	9,59	9,70	35,07	9,62	28,72	10,33	42,32	10,58	33,90	9,18		
Cr/(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,03	1,35	0,66	1,07	0,73	1,06	0,60	1,04	0,67	1,26		

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-09	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10
Poin	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a
Lithologie	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,017	0,004	0,041	0,000	0,040	0,003	0,049	0,014	0,086	0,005	
TiO ₂	0,619	0,454	0,747	0,457	0,762	0,455	0,830	0,614	0,347	1,776	
Al ₂ O ₃	5,787	17,214	2,788	18,013	3,603	17,466	2,376	16,513	0,198	13,582	
V ₂ O ₅	0,057	0,174	0,085	0,164	0,198	0,149	0,099	0,173	0,021	0,236	
Cr ₂ O ₃	38,911	43,280	36,752	42,346	35,890	42,319	36,807	41,359	29,557	39,813	
Fe ₂ O ₃	21,260	7,688	26,593	7,896	25,268	7,467	26,930	8,125	36,953	9,551	
MgO	0,510	7,076	0,469	7,829	0,327	5,796	0,350	3,348	0,076	1,451	
MnO	0,762	0,444	0,699	0,371	0,737	0,557	0,699	0,636	0,789	1,024	
FeO	31,468	23,802	31,100	22,752	30,914	25,593	31,349	29,333	30,426	32,258	
CoO	0,338	0,015	0,265	0,000	0,119	0,029	0,329	0,168	0,288	0,105	
NiO	0,000	0,044	0,145	0,000	0,053	0,001	0,097	0,026	0,054	0,038	
ZnO	0,316	0,129	0,252	0,281	0,396	0,200	0,332	0,339	0,337	0,389	
Total	100,045	100,324	99,936	100,109	98,307	100,035	100,247	100,648	99,132	100,228	
Si	0,005	0,001	0,012	0,000	0,012	0,001	0,014	0,004	0,026	0,001	
Ti	0,136	0,089	0,167	0,089	0,173	0,090	0,186	0,124	0,080	0,370	
Al	1,991	5,308	0,977	5,519	1,278	5,442	0,833	5,232	0,071	4,439	
V	0,013	0,037	0,020	0,034	0,048	0,031	0,024	0,037	0,005	0,052	
Cr	8,980	8,953	8,637	8,705	8,541	8,845	8,652	8,790	7,150	8,730	
Fe ²⁺	4,670	1,514	5,948	1,545	5,723	1,485	6,025	1,644	8,508	1,993	
Mg	0,222	2,760	0,208	3,034	0,147	2,284	0,155	1,342	0,035	0,600	
Mn	0,188	0,098	0,176	0,082	0,188	0,125	0,176	0,145	0,204	0,241	
Fe ³⁺	7,681	5,208	7,731	4,947	7,782	5,658	7,795	6,594	7,785	7,482	
Co	0,079	0,003	0,063	0,000	0,029	0,006	0,078	0,036	0,071	0,023	
Ni	0,000	0,009	0,035	0,000	0,013	0,000	0,023	0,006	0,013	0,008	
Zn	0,068	0,025	0,055	0,054	0,088	0,039	0,073	0,067	0,076	0,080	
Total	24,033	24,005	24,029	24,009	24,022	24,006	24,034	24,021	24,024	24,019	
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0,61	0,29	0,77	0,31	0,74	0,26	0,77	0,25	1,09	0,27	
Cr/(Cr+Al)	81,85	62,78	89,84	61,20	86,98	61,91	91,22	62,69	99,02	66,29	
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	2,81	34,64	2,62	38,02	1,85	28,76	1,95	16,91	0,45	7,42	
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	29,86	9,60	38,22	9,80	36,82	9,42	38,85	10,49	54,09	13,14	
Cr/(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,73	1,33	0,63	1,34	0,63	1,24	0,63	1,07	0,44	0,92	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-10	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11
Point	2a	2b	3a	3b	4a	4b	1a	1b	2a	2b			
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro			
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur			
SiO ₂	0,038	0,015	0,054	0,002	0,029	0,036	0,033	0,013	0,034	0,031			
TiO ₂	0,899	0,956	0,759	0,291	0,831	1,748	0,738	0,609	0,868	2,080			
Al ₂ O ₃	3,107	15,573	1,834	16,574	0,862	12,286	0,164	17,404	1,345	11,583			
V ₂ O ₅	0,059	0,226	0,011	0,078	0,078	0,276	0,134	0,102	0,049	0,219			
Cr ₂ O ₃	37,930	39,788	34,032	41,995	36,026	40,030	29,320	41,904	36,259	39,161			
Fe ₂ O ₃	24,789	8,360	30,330	7,985	29,361	11,369	36,722	7,186	28,454	11,320			
MgO	0,240	1,139	0,206	3,883	0,159	2,385	0,095	4,682	0,197	0,811			
MnO	1,100	1,069	0,925	0,758	0,982	1,117	0,690	0,635	0,846	0,882			
FeO	31,347	32,149	31,086	27,956	31,063	30,456	30,955	27,411	31,241	33,170			
CoO	0,353	0,187	0,289	0,172	0,373	0,089	0,289	0,008	0,338	0,155			
NiO	0,087	0,000	0,025	0,013	0,032	0,019	0,033	0,059	0,012	0,000			
ZnO	0,468	0,640	0,274	0,376	0,242	0,379	0,135	0,293	0,313	0,523			
Total	100,411	100,102	99,825	100,083	100,038	100,190	99,308	100,306	99,956	99,935			
Si	0,011	0,004	0,016	0,000	0,009	0,010	0,010	0,004	0,010	0,009			
Ti	0,200	0,198	0,171	0,059	0,168	0,364	0,169	0,122	0,196	0,442			
Al	1,083	5,063	0,648	5,258	0,306	4,015	0,059	5,454	0,476	3,854			
V	0,013	0,050	0,003	0,017	0,019	0,061	0,033	0,022	0,012	0,050			
Cr	8,873	8,677	8,074	8,937	8,571	8,777	7,077	8,809	8,607	8,740			
Cr ³⁺	5,519	1,735	6,849	1,617	6,649	2,372	8,436	1,438	6,429	2,405			
Mg	0,106	0,168	0,092	1,558	0,071	0,986	0,043	1,856	0,088	0,341			
Mn	0,276	0,250	0,235	0,173	0,250	0,262	0,178	0,143	0,215	0,211			
Fe ²⁺	7,756	7,416	7,801	6,293	7,817	7,063	7,903	6,095	7,845	7,831			
Co	0,084	0,041	0,070	0,037	0,090	0,020	0,071	0,002	0,081	0,035			
Ni	0,021	0,000	0,006	0,003	0,008	0,004	0,008	0,013	0,003	0,000			
Zn	0,102	0,130	0,061	0,075	0,054	0,078	0,030	0,058	0,069	0,109			
Total	24,044	24,032	24,026	24,027	24,032	24,012	24,017	24,016	24,031	24,027			
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,71	0,23	0,88	0,26	0,85	0,34	1,07	0,24	0,82	0,31			
Cr/(Cr+Al)	89,12	63,15	92,57	62,96	96,55	68,61	99,17	61,76	94,76	69,40			
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	1,35	5,94	1,17	19,84	0,90	12,25	0,54	23,34	1,11	4,17			
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	35,66	11,21	43,99	10,23	42,82	15,64	54,17	9,16	41,45	16,03			
Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,67	0,95	0,55	1,13	0,59	0,93	0,43	1,17	0,60	0,85			

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11	97-MH-7371-11	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	
Forme	3a	3b	4a	4b	1a	1b	2a	2b	3a	3b	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,034	0,010	0,031	0,007	0,028	0,001	0,020	0,024	0,018	0,018									
TiO ₂	0,984	1,070	1,131	0,707	1,788	0,800	0,539	0,686	0,478	0,478									
Al ₂ O ₃	0,728	13,518	1,841	16,586	1,829	15,702	14,197	16,120	18,007	18,007									
V ₂ O ₅	0,087	0,205	0,108	0,176	0,220	0,090	0,119	0,056	0,149	0,149									
Cr ₂ O ₃	36,886	39,894	36,919	41,750	37,307	42,854	42,582	38,198	41,063	41,063									
Fe ₂ O ₃	28,873	10,609	26,819	7,808	24,656	7,293	7,403	24,904	6,627	6,627									
MgO	0,144	1,089	0,267	4,476	0,231	2,032	1,637	2,982	2,566	2,566									
MnO	0,874	0,850	0,803	0,639	0,726	0,567	0,607	0,696	0,546	0,546									
FeO	31,332	32,279	31,560	27,581	32,086	31,366	29,953	32,270	30,813	30,813									
CoO	0,338	0,126	0,223	0,053	0,116	0,181	0,259	0,228	0,133	0,133									
NiO	0,005	0,000	0,036	0,141	0,014	0,000	0,042	0,049	0,000	0,000									
ZnO	0,318	0,476	0,439	0,263	0,375	0,402	0,387	0,230	0,249	0,249									
Total	100,103	100,126	100,277	100,187	99,690	100,238	98,329	100,273	100,649	100,649									
Si	0,010	0,003	0,009	0,002	0,008	0,000	0,005	0,007	0,005	0,005									
Ti	0,223	0,224	0,254	0,142	0,403	0,114	0,139	0,349	0,096	0,096									
Al	0,258	4,439	0,647	5,232	0,646	5,057	4,794	5,136	5,693	5,693									
V	0,021	0,046	0,026	0,038	0,020	0,027	0,015	0,013	0,032	0,032									
Cr	8,656	8,788	8,706	8,834	8,840	9,039	9,059	8,996	8,709	8,709									
Fe ³⁺	6,538	2,224	6,019	1,572	5,560	1,563	1,452	5,583	1,338	1,338									
Mg	0,064	0,452	0,119	1,786	0,103	0,828	0,685	1,202	1,026	1,026									
Mn	0,223	0,201	0,203	0,145	0,184	0,131	0,129	0,176	0,124	0,124									
Fe ²⁺	7,884	7,521	7,872	6,173	8,042	7,167	6,772	8,039	6,912	6,912									
Co	0,082	0,028	0,077	0,011	0,096	0,041	0,056	0,054	0,029	0,029									
Ni	0,001	0,000	0,009	0,030	0,003	0,010	0,003	0,012	0,000	0,000									
Zn	0,071	0,098	0,097	0,052	0,083	0,081	0,080	0,050	0,049	0,049									
Total	24,031	24,024	24,038	24,017	24,030	24,020	24,024	24,023	24,013	24,013									
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,83	0,30	0,76	0,25	0,69	0,21	0,22	0,69	0,19	0,19									
Cr/(Cr+Al)	97,11	66,44	93,08	62,80	93,19	64,12	63,82	93,28	63,47	63,47									
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,81	5,67	1,49	22,44	1,26	10,36	8,64	15,07	12,93	12,93									
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	42,31	14,39	39,16	10,05	36,95	9,62	9,66	36,67	8,50	8,50									
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,60	0,90	0,63	1,14	0,65	1,04	1,10	0,66	1,06	1,06									

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-12	97-MH-7371-12	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-13A	97-MH-7371-13A
Point	4a	4b	1a	1b	2a	2b	4a	4b	5a	5b
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
SiO ₂	0,046	0,014	0,019	0,001	0,018	0,001	0,027	0,000	0,041	0,022
TiO ₂	0,909	0,484	0,459	0,498	0,457	0,410	1,422	3,641	1,757	3,482
Al ₂ O ₃	4,415	18,798	16,976	18,212	17,688	18,913	10,344	14,472	10,138	13,728
V ₂ O ₅	0,116	0,070	0,132	0,097	0,148	0,056	0,124	0,187	0,174	0,106
Cr ₂ O ₃	36,094	43,013	42,697	44,081	42,537	44,439	47,142	40,744	45,559	41,159
Fe ₂ O ₃	25,270	6,486	6,514	7,310	6,364	6,650	6,136	4,630	8,089	5,579
MgO	0,376	8,346	3,875	10,205	4,554	11,345	2,202	3,340	2,290	3,369
MnO	0,641	0,352	0,347	0,272	0,339	0,217	0,413	0,403	0,461	0,402
FeO	31,856	22,134	28,642	19,386	27,796	17,618	30,546	31,726	30,930	31,489
CoO	0,196	0,000	0,192	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,263	0,110
NiO	0,061	0,000	0,000	0,000	0,010	0,028	0,000	0,000	0,000	0,037
ZnO	0,351	0,133	0,283	0,210	0,263	0,271	0,293	0,336	0,196	0,357
Total	100,331	99,830	100,136	100,272	100,174	99,948	98,649	99,509	99,898	99,840
Si	0,013	0,004	0,005	0,000	0,005	0,000	0,008	0,000	0,011	0,006
Ti	0,201	0,094	0,093	0,096	0,091	0,078	0,303	0,749	0,371	0,717
Al	1,528	5,729	5,368	5,477	5,544	5,644	3,457	4,667	3,353	4,430
V	0,027	0,015	0,028	0,020	0,031	0,011	0,028	0,041	0,039	0,023
Cr	8,382	8,794	9,057	8,893	8,944	8,896	10,568	8,814	10,107	8,911
Fe ³⁺	5,586	1,262	1,315	1,404	1,274	1,267	1,309	0,953	1,708	1,150
Mg	0,165	3,217	1,550	3,882	1,806	4,282	0,931	1,362	0,958	1,375
Mn	0,159	0,077	0,079	0,059	0,076	0,047	0,099	0,093	0,110	0,093
Fe ²⁺	7,825	4,786	6,426	4,137	6,182	3,731	7,243	7,259	7,258	7,211
Co	0,046	0,000	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,059	0,024
Ni	0,014	0,000	0,000	0,000	0,002	0,006	0,000	0,000	0,000	0,008
Zn	0,076	0,025	0,056	0,040	0,052	0,051	0,061	0,068	0,041	0,072
Total	24,022	24,003	24,018	24,008	24,007	24,013	24,007	24,013	24,015	24,020
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,71	0,26	0,20	0,34	0,21	0,34	0,18	0,13	0,24	0,16
Cr/(Cr+Al)	84,58	60,55	62,79	61,89	61,73	61,18	75,35	65,38	75,09	66,79
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	2,07	40,20	19,43	48,41	22,61	53,44	11,39	15,80	11,66	16,01
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	36,05	7,99	8,35	8,90	8,08	8,02	8,54	6,60	11,26	7,94
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,63	1,45	1,17	1,60	1,20	1,78	1,24	1,07	1,13	1,07

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Fe_2O_3	Cr_2O_3	V_2O_5	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe^{2+}	Mg	Mn	Fe^{2+}	Co	Ni	Zn	Total	Fe^{3+}/Fe^{2+}	$Cr/(Cr+Al)$	$Mg/(Mg+Fe^{2+})$	$Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Al+Cr)$	$Cr/(Fe^{3+}+Fe^{2+})$			
	3b	Chr SII	Cœur																																	
97-MH-7371-13A	6a	Chr SII	Cœur	0,008	0,000	0,000	27,897	0,416	0,155	3,992	1,998	48,874	0,247	0,113	99,924	0,002	0,000	5,140	0,053	9,405	0,404	1,599	0,095	0,033	0,000	0,000	0,045	24,005	0,06	0,19	20,32	2,54	2,19	14,28	2,19	
97-MH-7371-13A	7a	Chr SII	Cœur	0,017	0,483	0,524	27,713	0,385	0,000	4,364	5,716	44,194	0,096	0,225	99,584	0,005	0,101	5,583	0,037	8,873	1,300	4,017	0,050	0,000	0,000	0,000	0,045	24,009	0,22	0,22	21,92	7,35	8,25	13,23	9,57	
97-MH-7371-13A	7b	Chr SII	Cœur	0,018	0,202	0,524	29,421	0,446	0,188	2,515	7,235	49,401	0,124	0,109	100,161	0,005	0,042	3,445	0,28	10,892	1,518	3,097	0,066	0,042	0,000	0,000	0,026	24,010	0,22	0,22	19,23	7,25	7,25	13,23	9,57	
97-MH-7371-13B	1a	Chr SII	Bordure	0,006	0,599	1,240	30,549	0,298	0,000	7,965	7,990	49,186	0,198	0,233	99,459	0,002	0,117	5,248	0,041	8,906	1,568	3,097	0,066	0,042	0,000	0,000	0,019	23,999	0,22	0,22	16,96	8,25	9,57	13,23	9,57	
97-MH-7371-13B	1b	Chr SII	Cœur	0,037	0,434	1,240	22,615	0,471	0,302	1,340	11,757	49,965	0,223	0,233	100,037	0,002	0,011	1,120	0,053	11,609	1,568	3,097	0,066	0,042	0,000	0,000	0,019	23,999	0,22	0,22	16,96	8,25	9,57	13,23	9,57	
97-MH-7371-13B	2a	Chr SII	Bordure	0,012	0,434	1,240	29,901	0,484	0,253	1,463	7,909	55,566	0,181	0,229	99,852	0,003	0,003	1,168	0,042	12,814	2,600	3,097	0,066	0,042	0,000	0,000	0,051	24,027	0,24	0,24	9,165	9,165	9,165	13,23	9,57	
97-MH-7371-13B	2b	Chr SII	Cœur	0,026	0,308	1,463	27,883	0,346	0,085	4,181	7,972	42,633	0,130	0,147	99,878	0,007	0,007	1,168	0,028	9,077	1,616	3,097	0,079	0,018	0,000	0,000	0,029	24,004	0,26	0,26	8,02	8,02	8,02	13,23	9,57	
97-MH-7371-13B	3a	Chr SII	Bordure	0,026	0,308	1,463	27,883	0,346	0,085	4,181	7,972	42,633	0,130	0,147	99,878	0,007	0,007	1,168	0,028	9,077	1,616	3,097	0,079	0,018	0,000	0,000	0,029	24,004	0,26	0,26	8,02	8,02	8,02	13,23	9,57	

Tableau C.2 Composition des chrites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	VO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ³⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)
	4a	Chr SII	Bordure	0,006	0,435	16,982	0,164	43,968	6,628	4,770	0,315	19,241	0,104	0,000	0,287	99,846	0,001	0,084	5,349	0,035	9,082	1,901	0,071	6,078	0,022	0,000	0,042	24,013	0,22	62,93	23,83	8,46	1,23	
	4b	Chr SII	Cœur	0,000	0,376	18,292	0,170	43,968	7,200	10,213	0,245	19,241	0,011	0,000	0,224	99,999	0,003	0,084	5,512	0,035	1,385	3,893	0,053	4,114	0,002	0,000	0,042	24,008	0,34	61,72	19,75	8,77	1,62	
	5a	Chr SII	Bordure	0,013	0,502	16,137	0,111	43,936	6,733	3,905	0,337	22,721	0,033	0,000	0,115	100,274	0,004	0,098	5,633	0,024	9,271	1,573	0,077	6,392	0,007	0,000	0,022	24,003	0,25	61,29	38,76	7,78	1,45	
	5b	Chr SII	Cœur	0,015	0,368	16,724	0,115	42,937	6,669	4,094	0,342	28,100	0,033	0,000	0,168	99,565	0,004	0,075	5,310	0,025	9,146	1,352	0,078	6,331	0,007	0,000	0,033	24,005	0,21	63,27	20,61	8,55	1,19	
	6a	Chr SII	Bordure	0,016	0,527	18,056	0,064	44,047	6,844	8,675	0,327	21,775	0,000	0,000	0,164	100,495	0,004	0,102	5,477	0,013	8,964	1,326	0,071	4,687	0,000	0,000	0,031	24,004	0,28	62,07	41,53	8,41	1,49	
	6b	Chr SII	Cœur	0,016	0,294	17,711	0,132	42,976	6,447	5,990	0,368	25,175	0,000	0,000	0,271	99,380	0,004	0,059	5,535	0,028	9,010	1,286	0,083	5,583	0,000	0,000	0,053	24,009	0,23	61,95	29,78	8,12	1,31	
	1a	Chr SII	Bordure	0,018	0,352	18,295	0,080	45,247	6,751	10,506	0,245	18,973	0,000	0,000	0,249	100,716	0,004	0,067	5,467	0,016	9,071	1,288	0,053	4,023	0,000	0,000	0,047	24,007	0,32	62,40	49,67	8,14	1,71	
	2a	Chr SII	Bordure	0,023	0,323	15,757	0,097	44,390	6,189	3,862	0,494	28,039	0,000	0,016	0,146	99,276	0,006	0,066	5,044	0,021	9,520	1,265	0,114	6,369	0,000	0,004	0,029	24,002	0,20	65,37	19,72	7,99	1,25	
	2b	Chr SII	Cœur	0,000	0,296	18,302	0,129	44,370	6,831	9,568	0,322	20,094	0,117	0,000	0,337	100,366	0,000	0,057	5,523	0,027	8,983	1,316	0,070	4,303	0,024	0,000	0,064	24,019	0,31	61,93	45,91	8,92	1,60	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7371-14	97-MH-7371-14	97-MH-7371-14	97-MH-7371-14	97-MH-7371-14	97-MH-7371-14	97-MH-7371-14	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15	97-MH-7371-15
Point	3a	3b	4a	4b	5a	5b	1a	1b	1c	2a										
Lithologie	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro										
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intéridaire	Cœur	Bordure										
SiO ₂	0,000	0,006	0,019	0,000	0,277	0,000	0,019	0,646	0,012	0,024										
TiO ₂	0,381	0,381	0,277	0,292	0,310	0,349	0,138	0,129	0,343	0,352										
Al ₂ O ₃	17,477	18,044	17,605	18,033	17,960	18,236	6,136	11,693	17,412	17,948										
Y ₂ O ₃	0,145	0,118	0,120	0,081	0,076	0,062	0,103	0,060	0,053	0,130										
Cr ₂ O ₃	43,235	44,631	42,540	45,196	42,611	44,982	52,337	47,900	41,932	41,848										
Fe ₂ O ₃	6,161	6,574	6,517	6,644	6,253	6,530	8,965	6,239	6,738	6,274										
MgO	5,287	9,863	4,928	10,745	5,834	10,628	1,029	1,820	2,473	2,626										
MnO	0,392	0,268	0,442	0,354	0,423	0,237	0,638	0,586	0,532	0,492										
FeO	26,388	19,601	26,710	18,073	25,342	18,492	30,865	30,082	30,792	30,705										
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,167	0,193	0,155	0,040										
NiO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000										
ZnO	0,114	0,115	0,226	0,159	0,249	0,137	0,276	0,219	0,242	0,290										
Total	99,580	99,601	99,384	99,577	99,336	99,653	100,673	99,567	100,684	100,729										
Si	0,000	0,002	0,005	0,000	0,073	0,000	0,005	0,180	0,003	0,006										
Ti	0,076	0,074	0,056	0,056	0,062	0,067	0,030	0,027	0,069	0,071										
Al	5,482	5,471	5,544	5,438	5,603	5,495	2,073	3,843	5,522	5,668										
V	0,031	0,024	0,026	0,017	0,016	0,013	0,024	0,013	0,011	0,028										
Cr	9,097	9,078	8,987	9,143	8,918	9,092	11,862	10,560	8,922	8,865										
Fe ³⁺	1,234	1,273	1,310	1,279	1,246	1,256	1,934	1,309	1,364	1,265										
Mg	2,098	3,783	1,963	4,099	2,302	4,051	0,440	0,757	0,992	1,049										
Mn	0,088	0,058	0,100	0,077	0,095	0,051	0,155	0,138	0,121	0,112										
Fe ²⁺	5,873	4,217	5,969	3,867	5,610	3,954	7,399	7,015	6,930	6,880										
Co	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,043	0,033	0,009										
Ni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000										
Zn	0,022	0,022	0,045	0,030	0,049	0,026	0,058	0,045	0,048	0,057										
Total	24,001	24,002	24,005	24,006	23,974	24,005	24,018	23,930	24,015	24,010										
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,21	0,30	0,22	0,33	0,22	0,32	0,26	0,19	0,20	0,18										
Cr/(Cr+Al)	62,40	62,40	61,85	62,70	61,41	62,33	85,12	73,32	61,77	61,00										
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	26,32	47,29	24,75	51,46	29,10	50,61	5,61	9,74	12,52	13,23										
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	7,80	8,05	8,27	8,06	7,90	7,93	12,19	8,33	8,63	8,01										
Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,28	1,65	1,23	1,78	1,30	1,75	1,27	1,27	1,08	1,09										

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-15		97-MH-7371-15		97-MH-7371-15		97-MH-7371-15		97-MH-7371-16		97-MH-7371-16		97-MH-7371-16	
	Point	2b Harzb à chro Cœur	3a Harzb à chro Bordure	3b Harzb à chro Cœur	4a Harzb à chro Bordure	4b Harzb à chro Cœur	1b Harzb à chro Cœur	2a Harzb à chro Bordure	2b Harzb à chro Cœur	3a Harzb à chro Bordure	3b Harzb à chro Cœur			
SiO ₂		0,000	0,031	0,004	0,028	0,003	0,013	0,180	0,000	0,046	0,024			
TiO ₂		0,410	0,441	0,527	0,399	0,371	0,558	0,979	0,450	0,977	0,384			
Al ₂ O ₃		18,111	17,041	18,568	15,499	17,296	17,199	4,205	17,085	2,174	16,281			
V ₂ O ₃		0,050	0,083	0,003	0,137	0,069	0,166	0,137	0,113	0,055	0,098			
Cr ₂ O ₃		43,348	42,330	43,015	43,589	44,721	44,228	40,422	43,684	40,075	43,558			
Fe ₂ O ₃		6,843	6,825	7,223	6,717	6,976	7,008	20,743	6,986	23,700	6,590			
MgO		6,443	3,925	8,398	3,076	8,587	7,796	0,636	6,113	0,329	3,737			
MnO		0,429	0,488	0,355	0,458	0,352	0,440	0,848	0,426	0,908	0,612			
FeO		25,149	28,390	22,284	29,319	21,471	22,838	31,170	25,311	31,389	28,435			
CoO		0,000	0,118	0,036	0,112	0,000	0,105	0,252	0,069	0,244	0,000			
NiO		0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,039	0,061	0,000	0,000			
ZnO		0,286	0,317	0,153	0,184	0,202	0,261	0,386	0,340	0,264	0,349			
Total		101,069	100,027	100,566	99,518	100,048	100,612	99,997	100,638	100,161	100,068			
Si		0,000	0,008	0,001	0,008	0,001	0,003	0,053	0,000	0,014	0,006			
Ti		0,080	0,089	0,102	0,082	0,072	0,109	0,216	0,089	0,218	0,078			
Al		5,551	5,391	5,630	4,987	5,289	5,265	1,454	5,294	0,762	5,171			
V		0,010	0,018	0,001	0,030	0,014	0,035	0,032	0,024	0,013	0,021			
Cr		8,914	8,983	8,749	9,408	9,173	9,082	9,379	9,081	9,419	9,280			
Fe ³⁺		1,339	1,379	1,398	1,380	1,362	1,370	4,581	1,382	5,301	1,336			
Mg		2,498	1,570	3,221	1,252	3,321	3,019	0,278	2,396	0,146	1,501			
Mn		0,094	0,111	0,077	0,106	0,077	0,097	0,211	0,095	0,229	0,140			
Fe ²⁺		5,470	6,373	4,794	6,694	4,659	4,961	7,650	5,566	7,803	6,408			
Co		0,000	0,025	0,007	0,025	0,000	0,022	0,059	0,015	0,058	0,000			
Ni		0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,013	0,000	0,000			
Zn		0,055	0,063	0,029	0,037	0,039	0,050	0,084	0,066	0,058	0,070			
Total		24,011	24,018	24,009	24,009	24,007	24,013	24,006	24,021	24,021	24,011			
Fe ³⁺ /Fe ²⁺		0,24	0,22	0,29	0,21	0,29	0,28	0,60	0,25	0,68	0,21			
Cr/(Cr+Al)		61,62	62,49	60,85	65,36	63,43	63,30	86,58	63,17	92,52	64,22			
Mg/(Mg+Fe ²⁺)		31,35	19,77	40,19	15,76	41,62	37,83	3,51	30,09	1,84	18,98			
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)		8,47	8,75	8,86	8,75	8,61	8,72	29,72	8,77	34,24	8,46			
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)		1,31	1,16	1,41	1,17	1,52	1,43	0,77	1,31	0,72	1,20			

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	4a	4b	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3b	3c
	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur
SiO ₂	0,021	0,005	0,030	0,015	0,044	0,032	0,011	0,030	0,000	0,000
TiO ₂	0,951	0,474	0,031	0,557	0,479	1,056	0,514	0,952	0,519	15,297
Al ₂ O ₃	3,255	16,744	0,000	0,366	17,065	0,000	1,693	16,748	2,935	15,297
V ₂ O ₅	0,182	0,124	0,000	0,000	0,077	0,009	0,083	0,076	0,088	0,138
Cr ₂ O ₃	40,145	43,948	0,793	30,629	43,332	4,453	37,850	42,819	40,556	43,399
Fe ₂ O ₃	22,425	6,827	67,593	35,088	7,139	65,031	26,707	7,874	22,058	7,839
MgO	0,395	5,728	0,000	0,598	5,745	0,000	0,341	5,210	0,299	3,379
MnO	0,846	0,469	0,000	1,398	0,506	0,006	1,516	1,088	1,713	1,991
FeO	31,510	25,811	30,841	29,044	25,827	31,440	30,856	26,121	30,608	28,323
CaO	0,258	0,000	0,403	0,185	0,141	0,324	0,278	0,069	0,260	0,060
NiO	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ZnO	0,343	0,297	0,311	0,334	0,309	0,337	0,353	0,313	0,308	0,318
Total	100,331	100,427	100,030	98,502	100,635	101,691	100,843	99,807	100,663	100,663
Si	0,006	0,001	0,015	0,093	0,013	0,010	0,003	0,009	0,000	0,000
Ti	0,211	0,094	0,007	0,128	0,095	0,011	0,235	0,102	0,213	0,105
Al	1,131	5,217	0,000	0,132	5,302	0,000	0,592	5,221	1,028	4,869
V	0,043	0,026	0,000	0,000	0,016	0,002	0,020	0,016	0,021	0,030
Cr	9,362	9,186	0,194	7,396	9,031	1,066	8,878	8,954	9,526	9,267
Fe ³⁺	4,978	1,358	15,691	8,064	1,416	14,820	5,962	1,567	4,931	1,593
Mg	0,174	2,258	0,000	0,272	2,258	0,000	0,151	2,054	0,132	1,360
Mn	0,211	0,105	0,000	0,362	0,113	0,002	0,381	0,244	0,431	0,318
Fe ²⁺	7,773	5,707	7,956	7,418	5,694	7,963	7,656	5,778	7,605	6,397
Co	0,061	0,000	0,100	0,045	0,030	0,079	0,066	0,015	0,062	0,013
Ni	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn	0,075	0,058	0,071	0,075	0,060	0,075	0,077	0,061	0,068	0,063
Total	24,025	24,010	24,036	23,985	24,019	24,031	24,028	24,015	24,026	24,015
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	0,64	0,24	1,97	1,09	0,25	1,86	0,78	0,27	0,65	0,25
Cr/(Cr+Al)	89,22	69,78	100,00	98,25	69,01	100,00	99,75	69,17	90,26	65,56
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	2,19	28,35	0,00	3,54	28,40	0,00	1,93	26,23	1,71	17,53
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	32,18	8,62	98,78	51,72	8,99	93,29	38,63	9,95	31,84	10,13
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,73	1,30	0,01	0,48	1,27	0,05	0,65	1,22	0,76	1,16

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-17	97-MH-7371-17	97-MH-7371-17	97-MH-7371-17	97-MH-7371-17	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18
Point	4b	4c	5b	5c	5d	1a	1b	1c	2a	2b
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro
Chromite	Bordure	Cœur	Intermédiaire	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire
SiO ₂	0,029	0,008	0,311	0,028	0,011	0,042	0,035	0,026	0,058	0,022
TiO ₂	1,125	0,678	0,078	1,049	0,528	0,000	2,350	1,941	0,000	2,196
Al ₂ O ₃	2,580	15,376	0,000	2,251	17,264	0,000	0,960	12,916	0,000	2,105
V ₂ O ₃	0,038	0,113	0,000	0,076	0,099	0,007	0,067	0,211	0,000	0,014
Cr ₂ O ₃	39,642	43,841	2,458	37,380	43,147	0,454	37,004	39,644	0,850	38,277
Fe ₂ O ₃	23,785	7,892	66,195	26,435	7,407	67,958	27,376	11,167	67,969	25,023
MgO	0,294	5,522	0,000	0,231	6,587	0,000	4,275	3,166	0,011	4,360
MnO	1,470	0,485	0,000	1,466	0,402	0,023	5,159	0,794	0,058	4,684
FeO	31,270	25,993	31,083	31,137	24,693	30,766	21,866	29,909	30,902	22,268
CoO	0,213	0,060	0,345	0,261	0,000	0,277	0,291	0,230	0,423	0,278
NiO	0,000	0,000	0,265	0,005	0,030	0,087	0,000	0,029	0,108	0,007
ZnO	0,468	0,260	0,222	0,311	0,153	0,295	0,523	0,544	0,246	0,312
Total	100,914	100,228	100,957	100,630	100,321	99,909	99,906	100,577	100,625	99,546
Si	0,009	0,002	0,095	0,008	0,003	0,013	0,010	0,007	0,018	0,006
Ti	0,249	0,136	0,018	0,234	0,104	0,000	0,515	0,400	0,000	0,479
Al	0,896	4,838	0,000	0,786	5,340	0,000	0,330	4,174	0,000	0,720
V	0,009	0,024	0,000	0,018	0,021	0,002	0,016	0,046	0,000	0,003
Cr	9,238	9,253	0,592	8,761	8,953	0,111	8,525	8,595	0,206	8,782
Fe ³⁺	5,276	1,585	15,178	5,897	1,463	15,796	6,003	2,304	15,683	5,464
Mg	0,129	2,197	0,000	0,102	2,577	0,000	1,857	1,294	0,005	1,886
Mn	0,367	0,110	0,000	0,368	0,089	0,006	1,273	0,184	0,015	1,151
Fe ²⁺	7,708	5,803	7,921	7,720	5,419	7,948	5,329	6,859	7,924	5,404
Co	0,050	0,013	0,084	0,062	0,000	0,069	0,068	0,051	0,104	0,065
Ni	0,000	0,000	0,065	0,001	0,006	0,022	0,000	0,006	0,027	0,002
Zn	0,102	0,051	0,050	0,068	0,030	0,067	0,112	0,110	0,056	0,067
Total	24,033	24,012	24,003	24,025	24,005	24,034	24,038	24,030	24,038	24,029
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,68	0,27	1,92	0,76	0,27	1,99	1,13	0,34	1,98	1,01
Cr / (Cr+Al)	91,16	65,67	100,00	91,77	62,64	100,00	96,27	67,31	100,00	92,42
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	1,65	27,46	0,00	1,30	32,23	0,00	25,84	15,87	0,06	25,87
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	34,24	10,11	96,25	38,18	9,29	99,30	40,40	15,29	98,70	36,51
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,71	1,25	0,03	0,64	1,30	0,00	0,75	0,94	0,01	0,81

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18
Point	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro
Chromite	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur
SiO ₂	0,103	0,041	0,018	0,028	0,059	0,037	0,061	0,027	0,035	0,018
TiO ₂	1,956	0,114	1,368	1,610	0,000	1,812	3,671	0,059	2,435	1,944
Al ₂ O ₃	12,892	0,000	14,897	14,279	0,000	3,192	13,199	0,000	1,059	13,551
V ₂ O ₅	0,390	0,000	0,235	0,259	0,000	0,018	0,099	0,000	0,000	0,259
Cr ₂ O ₃	39,970	0,524	41,202	40,966	0,292	37,696	39,835	1,034	38,211	40,961
Fe ₂ O ₃	10,898	68,227	9,873	8,697	67,411	25,006	6,725	68,056	25,647	9,063
MgO	4,370	0,619	6,420	3,199	0,000	4,874	3,227	0,366	4,259	3,999
MnO	2,981	0,091	2,634	0,817	0,000	4,830	1,035	0,041	5,478	2,180
FeO	25,590	29,954	22,763	29,705	30,467	20,996	30,958	30,519	21,585	27,147
CoO	0,154	0,336	0,000	0,112	0,328	0,164	0,074	0,409	0,206	0,073
NiO	0,019	0,099	0,000	0,000	0,096	0,000	0,038	0,031	0,000	0,000
ZnO	0,374	0,241	0,553	0,348	0,461	0,467	0,252	0,272	0,370	0,406
Total	99,697	100,246	99,963	100,020	99,114	99,092	99,174	100,814	99,285	99,601
Si	0,028	0,012	0,005	0,008	0,018	0,011	0,017	0,008	0,010	0,005
Ti	0,402	0,026	0,274	0,331	0,000	0,393	0,763	0,014	0,536	0,400
Al	4,157	0,000	4,683	4,600	0,000	1,087	4,299	0,000	0,365	4,372
V	0,085	0,000	0,050	0,057	0,000	0,004	0,022	0,000	0,000	0,057
Cr	8,646	0,127	8,689	8,852	0,072	8,609	8,705	0,250	8,841	8,865
Fe ³⁺	2,244	15,727	1,982	1,789	15,804	5,435	1,399	15,631	5,648	1,867
Mg	1,782	0,283	2,553	1,303	0,000	2,099	1,329	0,167	1,858	1,632
Mn	0,691	0,024	0,595	0,189	0,000	1,182	0,242	0,011	1,358	0,505
Fe ²⁺	5,855	7,674	5,078	6,790	7,938	5,072	7,156	7,790	5,283	6,214
Co	0,034	0,083	0,000	0,025	0,082	0,038	0,016	0,100	0,048	0,016
Ni	0,004	0,024	0,000	0,000	0,024	0,000	0,008	0,008	0,000	0,000
Zn	0,076	0,055	0,109	0,070	0,106	0,100	0,051	0,061	0,080	0,082
Total	24,004	24,035	24,018	24,014	24,044	24,030	24,007	24,040	24,027	24,015
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,38	2,05	0,39	0,26	1,99	1,07	0,20	2,01	1,07	0,30
Cr/(Cr+Al)	67,53	100,00	64,98	65,80	100,00	88,79	66,94	100,00	96,04	66,97
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	23,33	3,56	33,46	16,10	0,00	29,27	15,66	2,10	26,02	20,80
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	14,91	99,20	12,91	11,74	99,55	35,92	9,71	98,43	38,02	12,36
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,07	0,01	1,23	1,03	0,00	0,82	1,02	0,01	0,81	1,10

Tableau C.2 Composition des chromatites analysées à la microsonde électronique (suite).

Béchantillons	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-18	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19
Point	6a	6b	6c	10a	10b	10c	10a	10b	10c	1a	1b	1c	2a					
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro					
Chromite	Bordure	Intérmédiaire	Cœur	Bordure	Intérmédiaire	Cœur	Bordure	Intérmédiaire	Cœur	Bordure	Intérmédiaire	Cœur	Bordure					
SiO ₂	0,050	0,036	0,003	0,038	0,036	0,017	0,048	0,026	0,026	0,026	0,026	0,035						
TiO ₂	0,059	2,022	1,606	0,071	2,212	0,609	0,000	0,753	0,716	0,753	0,716	0,083						
Al ₂ O ₃	0,000	2,168	11,726	0,000	0,570	15,518	0,000	12,814	16,206	12,814	16,206	0,013						
Y ₂ O ₃	0,000	0,075	0,269	0,000	0,000	0,227	0,000	0,160	0,200	0,160	0,200	0,000						
Cr ₂ O ₃	1,495	38,674	40,557	0,893	35,072	40,420	0,695	38,503	42,905	38,503	42,905	7,252						
Fe ₂ O ₃	67,449	24,623	12,878	67,934	27,693	9,617	67,917	14,544	9,558	67,917	14,544	60,908						
MgO	0,078	4,550	5,396	0,000	0,855	3,307	0,000	5,634	8,912	5,634	8,912	0,162						
MnO	0,057	4,893	3,817	0,000	4,762	0,702	0,000	4,591	0,316	4,591	0,316	0,639						
FeO	30,963	21,456	22,633	31,113	27,072	28,857	30,885	20,435	21,082	20,435	21,082	30,052						
CaO	0,505	0,196	0,103	0,292	0,257	0,134	0,381	0,000	0,000	0,000	0,000	0,409						
NiO	0,037	0,000	0,000	0,329	0,145	0,110	0,442	0,047	0,110	0,047	0,110	0,568						
ZnO	0,303	0,392	0,641	0,220	0,766	0,722	0,245	1,118	0,317	1,118	0,317	0,355						
Total	100,996	99,085	99,629	100,890	99,440	100,240	100,613	98,625	100,948	98,625	100,948	100,476						
Si	0,015	0,010	0,001	0,012	0,011	0,005	0,015	0,007	0,007	0,007	0,007	0,011						
Ti	0,014	0,442	0,331	0,016	0,502	0,124	0,000	0,156	0,140	0,156	0,140	0,019						
Al	0,000	0,743	3,784	0,000	0,203	4,967	0,000	4,154	4,961	4,154	4,961	0,005						
V	0,000	0,017	0,059	0,000	0,000	0,049	0,000	0,035	0,042	0,035	0,042	0,000						
Cr	0,361	8,894	8,780	0,216	8,363	8,679	0,169	8,373	8,811	8,373	8,811	1,755						
Fe ³⁺	15,496	5,390	2,653	15,639	6,285	1,965	15,688	3,010	1,868	3,010	1,868	14,031						
Mg	0,335	1,973	2,202	0,000	0,384	1,339	0,000	2,310	3,451	2,310	3,451	0,074						
Mn	0,015	1,206	0,885	0,000	1,216	0,161	0,000	1,070	0,069	1,070	0,069	0,166						
Fe ²⁺	7,906	5,219	5,183	7,960	6,828	6,554	7,928	4,700	4,580	4,700	4,580	7,694						
Co	0,124	0,046	0,023	0,072	0,062	0,029	0,094	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100						
Ni	0,009	0,000	0,000	0,081	0,035	0,024	0,109	0,010	0,023	0,010	0,023	0,140						
Zn	0,068	0,084	0,130	0,050	0,171	0,145	0,055	0,227	0,061	0,227	0,061	0,080						
Total	24,043	24,024	24,031	24,046	24,060	24,041	24,058	24,052	24,013	24,052	24,013	24,075						
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	1,96	1,03	0,51	1,96	0,92	0,30	1,98	0,64	0,41	0,64	0,41	1,82						
Cr/(Cr+Al)	100,00	92,29	69,88	100,00	97,63	63,60	100,00	66,84	63,98	66,84	63,98	99,72						
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,44	27,43	29,82	0,00	5,32	16,96	0,00	32,95	42,97	32,95	42,97	0,95						
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	97,72	35,87	17,43	98,64	42,32	12,59	98,93	19,37	11,94	19,37	11,94	88,85						
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,02	0,84	1,12	0,01	0,64	1,02	0,01	1,09	1,37	1,09	1,37	0,08						

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ²⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ²⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)			
	2b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,015	0,830	14,531	0,256	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	2c	Lhez à chro	Cœur	0,022	0,000	1,986	0,003	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	3a	Lhez à chro	Bordure	0,024	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	3b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,024	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	3c	Lhez à chro	Cœur	0,033	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	4a	Lhez à chro	Bordure	0,036	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	4b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,036	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	4c	Lhez à chro	Cœur	0,016	0,000	14,592	0,000	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	5a	Lhez à chro	Bordure	0,039	0,000	14,592	0,000	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	5b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,053	0,000	14,592	0,000	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
97-MH-7371-19	2b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,015	0,830	14,531	0,256	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
97-MH-7371-19	2c	Lhez à chro	Cœur	0,022	0,000	1,986	0,003	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	3a	Lhez à chro	Bordure	0,024	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	3b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,024	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	3c	Lhez à chro	Cœur	0,033	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	4a	Lhez à chro	Bordure	0,036	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	4b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,036	0,051	12,974	0,152	35,066	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	4c	Lhez à chro	Cœur	0,016	0,000	14,592	0,000	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	5a	Lhez à chro	Bordure	0,039	0,000	14,592	0,000	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
97-MH-7371-19	5b	Lhez à chro	Intérmédiaire	0,053	0,000	14,592	0,000	40,387	0,662	35,066	38,754	0,917	32,203	40,023	1,273	35,643	0,28	0,173	0,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite																	
	5c	5c	5c	6a	6a	6b	6c	7b	7c	8a	8b	8c	9a							
	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro							
	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure	Bordure							
	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur							
	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire							
SiO ₂	0,012	0,014	0,025	0,000	0,036	0,004	0,061	0,027	0,026	0,042										
TiO ₂	1,086	0,000	1,743	2,118	1,926	2,140	0,012	1,174	1,349	0,008										
Al ₂ O ₃	13,934	0,001	0,745	11,939	0,496	12,057	0,000	15,444	15,295	0,000										
V ₂ O ₅	0,226	0,000	0,025	0,265	0,011	0,241	0,000	0,264	0,241	0,000										
Cr ₂ O ₃	41,057	0,916	34,742	40,216	35,979	40,167	2,961	38,912	38,484	1,040										
Fe ₂ O ₃	10,417	67,875	27,845	11,194	27,252	11,093	65,678	11,794	10,793	67,333										
MgO	3,859	0,000	1,232	3,728	0,578	5,718	0,000	6,669	3,423	0,000										
MnO	0,560	0,005	4,107	2,383	3,990	4,579	0,092	3,978	0,729	0,011										
FeO	28,419	30,965	26,254	27,209	28,011	21,702	30,877	20,493	29,411	30,789										
CaO	0,415	0,411	0,374	0,062	0,440	0,084	0,348	0,126	0,043	0,346										
NiO	0,000	0,489	0,213	0,168	0,099	0,003	0,522	0,072	0,085	0,520										
ZnO	0,512	0,204	0,663	0,469	0,645	0,990	0,439	1,042	0,572	0,262										
Total	100,097	100,880	97,968	99,751	99,463	99,078	100,990	99,395	100,451	100,351										
Si	0,003	0,004	0,008	0,000	0,011	0,001	0,019	0,007	0,007	0,013										
Ti	0,223	0,000	0,400	0,440	0,438	0,441	0,003	0,236	0,275	0,002										
Al	4,476	0,000	0,268	3,888	0,177	3,988	0,000	4,871	4,885	0,000										
V	0,049	0,000	0,006	0,059	0,003	0,053	0,000	0,057	0,052	0,000										
Cr	8,848	0,222	8,381	8,786	8,599	8,695	0,716	8,107	8,246	0,253										
Fe ³⁺	2,137	15,640	6,393	2,328	6,199	2,286	15,104	2,375	2,201	15,594										
Mg	1,568	0,000	0,560	1,536	0,260	2,334	0,000	2,661	1,383	0,000										
Mn	0,129	0,001	1,061	0,558	1,022	1,062	0,024	0,902	0,167	0,003										
Fe ²⁺	6,478	7,930	6,699	6,288	7,081	7,097	7,091	4,587	6,666	7,024										
Co	0,003	0,101	0,091	0,014	0,107	0,018	0,085	0,027	0,009	0,085										
Ni	0,000	0,120	0,052	0,037	0,024	0,001	0,128	0,016	0,018	0,129										
Zn	0,103	0,046	0,149	0,096	0,144	0,200	0,099	0,206	0,114	0,059										
Total	24,017	24,064	24,068	24,030	24,065	24,048	24,052	24,023	24,062	24,062										
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,33	1,97	0,95	0,37	0,88	0,46	1,91	0,52	0,33	1,97										
Cr/(Cr+Al)	66,41	100,00	96,90	69,32	97,98	68,56	100,00	62,47	62,80	100,00										
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	19,49	0,00	7,71	19,63	3,54	31,96	0,00	36,71	17,18	0,00										
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	13,82	98,60	42,50	15,52	41,40	15,27	95,47	15,47	14,36	98,40										
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,03	0,01	0,64	1,02	0,65	1,20	0,03	1,16	0,93	0,01										

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20
Point	9b	9c	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz
Chromite	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire
SiO ₂	0,045	0,014	0,043	0,019	0,039	0,136	0,030	0,017	0,028	0,014
TiO ₂	2,281	1,129	0,024	1,380	1,372	0,000	3,661	2,778	0,077	3,109
Al ₂ O ₃	0,575	14,664	0,000	5,858	11,793	0,000	0,585	11,515	0,000	1,337
V ₂ O ₃	0,108	0,241	0,049	0,384	0,474	0,000	0,284	0,466	0,000	0,420
Cr ₂ O ₃	34,111	38,989	1,359	35,110	34,742	0,892	32,396	35,663	0,809	34,821
Fe ₂ O ₃	29,087	11,461	67,497	25,476	17,323	66,431	29,839	14,919	67,513	27,212
MgO	1,572	3,549	0,132	4,833	2,397	0,112	4,471	3,133	0,051	4,701
MnO	5,589	1,064	0,073	3,799	0,761	0,059	5,577	2,000	0,058	6,104
FeO	25,256	28,545	30,744	22,206	29,950	30,050	22,117	29,071	30,747	20,673
CoO	0,189	0,041	0,237	0,368	0,199	0,244	0,180	0,238	0,327	0,240
NiO	0,244	0,110	0,168	0,064	0,036	0,216	0,058	0,000	0,258	0,071
ZnO	0,599	0,561	0,284	0,752	0,513	0,404	0,541	0,692	0,253	0,605
Total	99,656	100,368	100,610	100,249	99,599	98,544	99,739	100,492	100,121	99,307
Si	0,013	0,004	0,013	0,005	0,011	0,043	0,009	0,005	0,009	0,004
Ti	0,513	0,231	0,006	0,293	0,289	0,000	0,804	0,578	0,018	0,682
Al	0,203	4,698	0,000	1,951	3,896	0,000	0,202	3,755	0,000	0,460
V	0,026	0,052	0,012	0,087	0,107	0,000	0,067	0,103	0,000	0,098
Cr	8,070	8,380	0,329	7,846	7,700	0,221	7,484	7,802	0,197	8,027
Fe ³⁺	6,550	2,345	15,556	5,418	3,654	15,632	6,561	3,107	15,657	5,971
Mg	0,701	1,438	0,060	2,036	1,002	0,052	1,947	1,292	0,023	2,043
Mn	1,417	0,245	0,019	0,910	0,181	0,016	1,380	0,469	0,015	1,507
Fe ²⁺	6,320	6,489	7,874	5,249	7,022	7,859	5,404	6,727	7,925	5,041
Co	0,045	0,009	0,058	0,083	0,045	0,061	0,042	0,053	0,081	0,056
Ni	0,059	0,024	0,041	0,015	0,008	0,054	0,014	0,000	0,064	0,017
Zn	0,132	0,113	0,064	0,157	0,106	0,093	0,117	0,141	0,057	0,130
Total	24,049	24,028	24,032	24,050	24,021	24,031	24,031	24,032	24,046	24,036
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	1,04	0,36	1,98	1,03	0,52	1,99	1,21	0,46	1,98	1,18
Cr / (Cr+Al)	97,55	64,08	100,00	80,09	66,40	100,00	97,37	67,51	100,00	94,58
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	9,98	18,14	0,76	27,95	12,49	0,66	26,49	16,11	0,29	28,84
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	44,19	15,20	97,93	35,61	23,96	98,61	46,05	21,19	98,76	41,30
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,63	0,95	0,01	0,74	0,72	0,01	0,63	0,79	0,01	0,73

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20
Point	3c	4a	4b	5a	5b	5c	6a	6b	6c	7a
Lithologie	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,227	0,034	0,007	0,034	0,023	0,018	0,023	0,029	0,008	0,022
TiO ₂	2,633	3,104	2,609	0,088	1,957	0,895	0,000	2,363	2,010	0,056
Al ₂ O ₃	10,509	1,752	12,582	0,000	2,045	13,586	0,000	1,736	11,420	0,000
V ₂ O ₃	0,457	0,315	0,399	0,001	0,352	0,426	0,000	0,200	0,383	0,000
Cr ₂ O ₃	35,467	34,704	35,985	2,363	36,922	38,511	0,391	33,654	34,903	1,090
Fe ₂ O ₃	15,528	26,701	14,061	66,762	26,525	12,998	68,134	29,049	16,909	67,509
MgO	2,464	4,865	4,563	0,033	4,842	3,200	0,007	4,651	2,690	0,176
MnO	4,676	6,272	0,634	0,154	5,681	0,595	0,045	5,807	0,618	0,075
FeO	26,763	20,211	28,118	31,097	19,962	28,929	30,781	20,279	30,347	30,599
CoO	0,155	0,177	0,046	0,337	0,361	0,145	0,288	0,151	0,108	0,224
NiO	0,062	0,077	0,152	0,219	0,051	0,057	0,151	0,011	0,168	0,215
ZnO	0,708	0,679	0,388	0,394	0,738	0,560	0,139	0,821	0,431	0,289
Total	99,649	98,891	99,544	101,482	99,459	99,920	99,959	98,751	99,995	100,255
Si	0,064	0,010	0,002	0,010	0,007	0,005	0,007	0,008	0,002	0,007
Ti	0,557	0,681	0,539	0,020	0,427	0,185	0,000	0,521	0,422	0,013
Al	3,481	0,602	4,073	0,000	0,699	4,406	0,000	0,600	3,758	0,000
V	0,103	0,074	0,088	0,000	0,082	0,094	0,000	0,047	0,086	0,000
Cr	7,882	8,005	7,814	0,568	8,465	8,378	0,095	7,799	7,704	0,265
Fe ³⁺	3,284	5,862	2,906	15,269	5,788	2,691	15,827	6,407	3,552	15,616
Mg	1,032	2,116	1,868	0,015	2,093	1,313	0,003	2,032	1,120	0,081
Mn	1,113	1,550	0,148	0,040	1,395	0,139	0,012	1,442	0,146	0,020
Fe ²⁺	6,291	4,931	6,459	7,904	4,841	6,657	7,946	4,971	7,085	7,866
Co	0,035	0,041	0,010	0,082	0,084	0,032	0,071	0,035	0,024	0,055
Ni	0,014	0,018	0,034	0,054	0,012	0,013	0,038	0,003	0,038	0,053
Zn	0,147	0,146	0,079	0,088	0,158	0,114	0,032	0,178	0,089	0,066
Total	24,003	24,036	24,020	24,050	24,051	24,027	24,031	24,043	24,026	24,042
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,52	1,19	0,45	1,93	1,20	0,40	1,99	1,29	0,50	1,99
Cr/(Cr+Al)	69,37	93,01	65,74	100,00	92,37	65,54	100,00	92,86	67,21	100,00
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	14,09	30,03	22,43	0,19	30,18	16,47	0,04	29,02	13,65	1,02
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	22,42	40,51	19,64	96,41	38,71	17,39	99,40	43,27	23,66	98,33
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,82	0,74	0,83	0,02	0,80	0,90	0,00	0,69	0,72	0,01

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-20	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21
Point	7b	7c	8a	8b	8c	1a	1b	2a	2b	3a
Lithologie	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Webat	Webat	Webat	Webat	Webat
Chromite	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,015	0,009	2,116	0,042	0,016	0,217	0,156	0,428	0,446	0,576
TiO ₂	1,070	1,338	0,000	2,563	1,018	0,248	0,244	0,323	0,264	0,312
Al ₂ O ₃	15,264	15,400	0,000	1,468	15,938	0,000	0,000	0,018	0,034	0,033
V ₂ O ₅	0,273	0,329	0,000	0,189	0,336	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr ₂ O ₃	38,123	38,716	1,451	33,149	35,222	0,056	0,059	0,074	0,076	0,050
Fe ₂ O ₃	12,460	12,146	69,519	29,405	13,122	67,209	67,670	67,093	67,177	66,751
MgO	5,963	6,636	3,994	4,482	3,702	0,000	0,000	0,027	0,042	0,079
MnO	2,065	0,380	0,110	5,885	1,141	0,000	0,058	0,046	0,114	0,023
FeO	23,586	24,809	24,733	20,594	27,860	30,711	30,853	30,720	30,567	30,474
CoO	0,000	0,022	0,412	0,137	0,166	0,360	0,371	0,404	0,417	0,330
NiO	0,128	0,091	0,273	0,108	0,103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,047
ZnO	0,736	0,307	0,289	0,933	0,740	0,341	0,346	0,414	0,304	0,294
Total	99,683	100,183	102,897	98,955	99,364	99,142	99,757	99,547	99,441	98,969
Si	0,004	0,002	0,605	0,012	0,004	0,068	0,048	0,132	0,138	0,179
Ti	0,216	0,267	0,000	0,566	0,209	0,058	0,057	0,075	0,061	0,073
Al	4,828	4,818	0,000	0,508	5,126	0,000	0,000	0,006	0,012	0,012
V	0,059	0,070	0,000	0,044	0,074	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	8,089	8,125	0,328	7,692	7,599	0,014	0,014	0,018	0,019	0,012
Fe ³⁺	2,516	2,426	14,958	6,494	2,694	15,719	15,739	15,596	15,622	15,571
Mg	2,386	2,626	1,702	1,961	1,506	0,000	0,000	0,012	0,019	0,037
Mn	0,469	0,086	0,027	1,463	0,264	0,000	0,015	0,012	0,030	0,006
Fe ²⁺	5,293	5,507	5,914	5,054	6,358	7,982	7,975	7,936	7,900	7,900
Co	0,000	0,005	0,094	0,032	0,036	0,090	0,092	0,100	0,103	0,082
Ni	0,028	0,019	0,063	0,026	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012
Zn	0,146	0,060	0,061	0,202	0,149	0,078	0,079	0,094	0,069	0,067
Total	24,034	24,011	23,752	24,054	24,042	24,009	24,019	23,981	23,973	23,951
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,48	0,44	2,53	1,28	0,42	1,97	1,97	1,97	1,98	1,97
Cr/(Cr+Al)	62,62	62,78	100,00	93,80	59,72	100,00	100,00	75,00	61,29	50,00
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	31,07	32,29	22,35	27,95	19,15	0,00	0,00	0,15	0,24	0,47
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	16,30	15,79	97,85	44,19	17,47	99,91	99,91	99,85	99,80	99,85
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,04	1,02	0,02	0,67	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillon	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22
Point	3b	6a	7a	7b	2a	2b	2c	3a	3b												
Lithologie	Webst	Webst	Webst	Webst	Lhez à chro	Lhez à chro	Lhez à chro	Lhez à chro	Lhez à chro												
Chromite	Ceur	Bordure	Ceur	Bordure	Ceur	Bordure	Intermédiaire	Ceur	Bordure												
SiO ₂	0,531	0,490	0,280	0,533	0,124	0,026	0,018	0,014	0,036												
TiO ₂	0,311	0,387	0,133	0,299	0,259	0,017	1,703	2,091	0,041												
Al ₂ O ₃	0,013	0,014	0,000	0,016	0,000	0,000	6,068	14,125	0,000												
VO ₃	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,233	0,000	0,164												
Cr ₂ O ₃	0,056	0,063	0,061	0,068	0,058	0,446	38,234	39,981	1,031												
Fe ₂ O ₃	66,970	66,745	67,182	67,555	68,157	21,502	9,475	68,035	8,584												
MgO	0,094	0,053	0,000	0,086	0,000	0,041	5,516	3,188	0,249												
MnO	0,108	0,015	0,092	0,159	0,112	0,093	4,979	1,017	0,177												
FeO	30,450	30,655	30,692	30,492	30,773	20,211	29,879	30,548	29,420												
CaO	0,366	0,413	0,373	0,482	0,382	0,343	0,093	0,099	0,330												
NiO	0,000	0,050	0,000	0,040	0,024	0,124	0,048	0,199	0,041												
ZnO	0,456	0,357	0,386	0,188	0,261	0,340	0,588	0,488	0,189												
Total	99,355	99,242	99,545	99,548	100,326	99,132	100,038	100,835	99,757												
Si	0,164	0,152	0,086	0,164	0,039	0,008	0,004	0,011	0,004												
Ti	0,072	0,090	0,031	0,069	0,060	0,004	0,363	0,430	0,009												
Al	0,005	0,005	0,000	0,006	0,000	0,000	2,025	4,557	0,000												
V	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,051	0,000												
Cr	0,014	0,015	0,015	0,017	0,014	0,108	8,560	8,523	0,249												
Fe ³⁺	15,575	15,550	15,747	15,589	15,746	4,582	1,952	15,635	1,756												
Mg	0,043	0,024	0,000	0,040	0,000	0,019	2,228	1,301	0,113												
Mn	0,028	0,004	0,024	0,042	0,030	0,024	1,194	0,236	0,046												
Fe ²⁺	7,870	7,937	7,919	7,863	7,971	4,786	6,840	7,802	6,689												
Co	0,091	0,102	0,092	0,119	0,095	0,085	0,021	0,022	0,081												
Ni	0,000	0,012	0,000	0,010	0,006	0,027	0,010	0,049	0,009												
Zn	0,104	0,082	0,088	0,043	0,060	0,077	0,123	0,099	0,043												
Total	23,966	23,973	24,002	23,962	24,021	24,045	24,037	24,025	24,038												
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	1,98	1,96	1,99	1,98	1,98	2,00	0,96	0,29	2,00												
Cr/(Cr+Al)	73,68	75,00	100,00	73,91	100,00	100,00	80,87	65,16	100,00												
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,54	0,30	0,00	0,51	0,00	0,24	32,72	15,98	1,43												
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	99,88	99,87	99,90	99,85	99,91	99,92	30,21	12,99	98,43												
Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,97	0,01												

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite),

Echantillons	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	
Point	3c	4a	4b	5a	5b	6a	6b	7a	7b	7c	7d	7e	7f	7g	7h	7i	7j	7k	7l	7m	7n	7o	7p	7q
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,025	0,035	0,017	0,041	0,011	0,050	0,015	0,077	0,019	0,023	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
TiO ₂	1,867	0,000	1,603	0,000	1,045	0,000	0,738	0,000	0,425	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	14,479	0,000	15,549	0,000	15,197	0,004	16,312	0,042	17,780	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
V ₂ O ₅	0,215	0,000	0,156	0,000	0,205	0,000	0,148	0,000	0,101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr ₂ O ₃	39,943	0,645	39,557	0,949	41,593	0,563	42,153	4,311	43,076	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034
Fe ₂ O ₃	9,294	67,588	8,502	67,620	9,143	68,053	8,924	65,234	8,532	62,793	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034	6,034
MgO	3,050	0,000	3,266	0,000	4,637	0,003	6,725	0,158	9,256	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MnO	0,656	0,042	0,802	0,063	0,441	0,087	0,360	0,185	0,290	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
FeO	30,521	30,671	29,729	30,808	27,649	30,794	24,410	30,948	20,699	31,100	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439	0,439
CoO	0,064	0,364	0,253	0,400	0,000	0,323	0,000	0,348	0,000	0,439	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NiO	0,126	0,071	0,050	0,179	0,150	0,089	0,019	0,185	0,035	0,157	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ZnO	0,386	0,378	0,434	0,225	0,332	0,308	0,376	0,381	0,206	0,287	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	100,626	99,794	99,918	100,285	100,403	100,274	100,180	101,869	100,419	100,836	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Si	0,007	0,011	0,005	0,013	0,003	0,015	0,004	0,023	0,005	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Ti	0,382	0,000	0,328	0,000	0,211	0,000	0,147	0,000	0,082	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	4,642	0,000	4,986	0,000	4,811	0,002	5,073	0,015	5,387	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
V	0,047	0,000	0,034	0,000	0,044	0,000	0,031	0,000	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr	8,590	0,158	8,510	0,231	8,834	0,137	8,795	1,029	8,755	1,457	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ²⁺	1,902	15,734	1,741	15,659	1,848	15,760	1,772	14,825	1,650	14,431	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	1,237	0,000	1,325	0,000	1,857	0,001	2,646	0,071	3,547	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,151	0,011	0,185	0,016	0,100	0,023	0,080	0,047	0,063	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Fe ³⁺	6,943	7,935	6,765	7,929	6,211	7,925	5,387	7,817	4,450	7,943	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,014	0,090	0,055	0,099	0,000	0,080	0,000	0,084	0,000	0,108	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ni	0,028	0,018	0,011	0,044	0,032	0,022	0,004	0,045	0,007	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn	0,078	0,086	0,087	0,051	0,066	0,070	0,073	0,085	0,039	0,065	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	24,021	24,043	24,032	24,042	24,017	24,035	24,012	24,041	24,006	24,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,27	1,98	0,26	1,97	0,30	1,99	0,33	1,90	0,37	1,82	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr/(Cr+Al)	64,92	100,00	63,06	100,00	64,74	98,56	63,42	98,56	61,91	100,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	15,12	0,00	16,38	0,00	23,02	0,01	32,94	0,90	44,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	12,57	99,01	11,43	98,55	11,93	99,13	11,33	93,42	10,45	90,83	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,97	0,01	1,00	0,01	1,10	0,01	1,23	0,05	1,44	0,07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	
Point	1b	2a	2b	3a	3b	3c	4a1	4b1	4c1	5b	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
Chromite	Ceur	Bordure	Ceur	Bordure	Intermédiale	Ceur	Bordure	Intermédiale	Ceur	Intermédiale	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
SiO ₂	0,017	0,054	0,019	0,054	0,036	0,004	0,041	0,020	0,024	0,027														
TiO ₂	1,203	0,000	0,000	0,568	0,000	0,415	0,450	0,000	0,454	0,285														
Al ₂ O ₃	11,260	0,000	0,019	14,459	0,019	15,939	0,004	1,758	15,484	2,938														
V ₂ O ₅	0,160	0,000	0,205	0,000	0,054	0,228	0,000	0,051	0,093	0,037														
Cr ₂ O ₃	38,155	3,821	40,375	14,267	35,409	39,928	7,897	35,845	39,245	36,654														
Fe ₂ O ₃	14,274	64,884	9,719	53,061	29,753	8,674	60,016	28,711	9,304	27,203														
MgO	1,193	0,000	1,526	0,000	0,258	2,050	0,000	0,355	1,622	0,438														
MnO	1,577	0,000	1,481	0,556	1,484	1,511	0,142	1,416	1,423	1,381														
FeO	30,833	30,998	30,448	30,067	29,596	29,795	30,593	29,850	30,500	29,969														
CoO	0,031	0,071	0,000	0,187	0,228	0,160	0,384	0,313	0,229	0,249														
NiO	0,011	0,076	0,027	0,104	0,005	0,031	0,182	0,098	0,000	0,043														
ZnO	0,897	0,129	0,900	0,377	0,440	0,828	0,371	0,367	1,042	0,578														
Total	99,611	100,333	99,727	98,692	98,657	99,438	99,630	99,238	99,625	99,802														
Si	0,005	0,017	0,005	0,017	0,011	0,001	0,013	0,006	0,007	0,008														
Ti	0,257	0,000	0,119	0,000	0,095	0,093	0,000	0,103	0,137	0,064														
Al	3,761	0,000	4,732	0,007	0,352	5,175	0,001	0,625	5,049	1,031														
V	0,036	0,000	0,046	0,000	0,013	0,050	0,000	0,012	0,021	0,009														
Cr	8,550	0,927	8,865	3,502	8,534	8,697	1,928	8,547	8,585	8,631														
Fe ³⁺	3,045	14,987	2,031	12,295	6,825	1,798	13,946	6,516	1,937	6,097														
Mg	0,504	0,000	0,632	0,000	0,117	0,842	0,000	0,159	0,669	0,194														
Mn	0,379	0,000	0,348	0,146	0,383	0,315	0,037	0,362	0,334	0,348														
Fe ²⁺	7,309	7,957	7,071	7,806	7,545	6,864	7,900	7,529	7,058	7,465														
Co	0,007	0,091	0,000	0,047	0,056	0,035	0,095	0,076	0,051	0,059														
Ni	0,003	0,019	0,006	0,026	0,001	0,007	0,045	0,024	0,000	0,010														
Zn	0,188	0,029	0,185	0,086	0,099	0,168	0,085	0,082	0,213	0,127														
Total	24,044	24,027	24,040	24,032	24,031	24,045	24,050	24,041	24,061	24,043														
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,42	1,88	0,29	1,59	0,90	0,26	1,77	0,87	0,27	0,52														
Cr/(Cr+Al)	69,45	100,00	65,20	99,80	96,04	62,69	99,95	93,19	62,97	89,33														
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	6,45	0,00	8,20	0,00	1,53	10,93	0,00	2,07	8,66	2,53														
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	19,83	94,17	13,00	77,94	43,44	11,47	87,85	41,53	12,44	38,69														
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	0,83	0,04	0,97	0,17	0,59	1,00	0,09	0,61	0,95	0,64														

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23
Point	5c	6a	6b	6c	7a	7a2	7h	7b2	7c	7c2
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
Chromite	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Bordure	Intermédiaire	Intermédiaire	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,012	0,028	0,046	0,010	0,041	0,029	0,036	0,036	0,012	0,017
TiO ₂	0,426	0,033	0,266	0,454	0,000	0,000	0,448	0,186	0,667	0,627
Al ₂ O ₃	15,916	0,018	2,805	15,666	0,029	0,000	2,779	0,311	14,609	14,632
V ₂ O ₃	0,191	0,000	0,090	0,206	0,000	0,025	0,023	0,002	0,166	0,148
Cr ₂ O ₃	39,166	17,559	36,683	39,040	17,559	4,869	36,724	34,326	39,857	39,811
Fe ₂ O ₃	9,411	50,507	27,035	9,537	49,564	62,881	26,437	32,339	9,627	9,719
MgO	1,741	0,000	0,399	1,637	0,000	0,000	0,430	0,140	1,589	1,480
MnO	1,393	0,624	1,354	1,466	0,655	0,000	1,433	1,371	1,472	1,482
FeO	30,214	30,463	29,875	30,198	29,957	30,592	29,799	29,693	30,342	30,489
CoO	0,323	0,361	0,304	0,220	0,279	0,302	0,398	0,353	0,164	0,228
NiO	0,000	0,065	0,027	0,000	0,077	0,161	0,046	0,077	0,000	0,000
ZnO	0,941	0,319	0,521	0,925	0,472	0,330	0,479	0,562	0,705	0,625
Total	99,734	99,977	99,405	99,359	98,633	99,189	99,032	99,396	99,210	99,258
Si	0,003	0,009	0,014	0,003	0,013	0,009	0,011	0,011	0,003	0,005
Ti	0,088	0,008	0,060	0,095	0,000	0,000	0,101	0,043	0,140	0,131
Al	5,170	0,006	0,989	5,115	0,011	0,000	0,983	0,111	4,798	4,807
V	0,042	0,000	0,022	0,046	0,000	0,006	0,005	0,000	0,037	0,033
Cr	8,535	4,249	8,677	8,551	4,307	1,196	8,719	8,265	8,781	8,773
Fe ³⁺	1,952	11,633	6,087	1,988	11,571	14,695	5,974	7,411	2,019	2,039
Mg	0,715	0,000	0,178	0,676	0,000	0,000	0,193	0,063	0,660	0,615
Mn	0,325	0,162	0,343	0,344	0,172	0,000	0,364	0,354	0,347	0,350
Fe ²⁺	6,964	7,797	7,475	6,996	7,772	7,945	7,483	7,562	7,071	7,107
Co	0,071	0,089	0,073	0,049	0,069	0,075	0,096	0,086	0,037	0,051
Ni	0,000	0,016	0,007	0,000	0,019	0,040	0,011	0,019	0,000	0,000
Zn	0,191	0,072	0,115	0,189	0,108	0,076	0,106	0,126	0,145	0,129
Total	24,056	24,041	24,040	24,052	24,042	24,042	24,046	24,051	24,038	24,040
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,28	1,49	0,81	0,28	1,49	1,85	0,80	0,98	0,29	0,29
Cr / (Cr+Al)	62,28	99,86	89,77	62,57	99,75	100,00	89,87	98,67	64,67	64,60
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	9,31	0,00	2,33	8,81	0,00	0,00	2,51	0,83	8,54	7,96
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	12,47	73,22	38,64	12,70	72,82	92,47	38,11	46,94	12,94	13,05
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,96	0,22	0,64	0,95	0,22	0,05	0,65	0,55	0,97	0,96

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7371-23	97-MH-7374-01	97-MH-7374-01	97-MH-7374-01	97-MH-7374-01	97-MH-7374-01	97-MH-7374-02	97-MH-7374-02
Point	9a	9b	9c	4	1a	1e	2	3	3	1b
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
Chromite	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Intermédiaire
SiO ₂	0,027	0,030	0,000	0,022	0,060	0,042	0,032	0,004	0,027	0,041
TiO ₂	0,000	0,391	0,844	1,292	0,106	1,649	1,194	0,726	0,606	0,566
Al ₂ O ₃	0,000	1,686	14,749	15,698	0,003	13,325	13,497	17,001	18,178	17,998
V ₂ O ₅	0,000	0,111	0,239	0,288	0,070	0,309	0,294	0,263	0,254	0,197
Cr ₂ O ₃	7,118	37,046	40,429	39,943	5,119	39,042	39,301	39,990	43,739	40,801
Fe ₂ O ₃	61,588	28,113	8,700	7,488	62,182	9,890	10,596	7,026	6,579	5,962
MgO	0,000	0,331	1,649	1,938	0,033	1,393	1,482	1,919	9,408	2,960
MnO	0,025	1,463	1,464	0,807	0,052	0,808	0,845	0,750	0,407	0,775
FeO	31,047	29,981	30,514	31,363	30,477	31,959	31,506	31,169	20,352	29,607
CoO	0,329	0,109	0,218	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,068	0,105	0,000	0,072	0,139	0,128	0,063	0,000	0,025	0,116
ZnO	0,188	0,420	0,887	0,243	0,041	0,246	0,173	0,239	0,083	0,202
Total	100,390	99,786	99,693	99,171	98,521	98,804	98,991	99,098	99,669	99,226
Si	0,008	0,009	0,000	0,006	0,019	0,012	0,009	0,001	0,007	0,011
Ti	0,000	0,088	0,176	0,268	0,025	0,349	0,252	0,150	0,118	0,115
Al	0,000	0,596	4,818	5,105	0,001	4,418	4,461	5,500	5,520	5,744
V	0,000	0,027	0,053	0,064	0,018	0,070	0,066	0,058	0,052	0,043
Cr	1,724	8,783	8,860	8,714	1,262	8,684	8,714	8,679	8,911	8,735
Fe ³⁺	14,198	6,344	1,815	1,555	14,593	2,094	2,236	1,451	1,276	1,215
Mg	0,000	0,148	0,681	0,797	0,015	0,584	0,619	0,785	3,614	1,195
Mn	0,007	0,372	0,344	0,189	0,014	0,193	0,201	0,174	0,089	0,178
Fe ²⁺	7,954	7,518	7,073	7,238	7,949	7,519	7,389	7,155	4,386	6,704
Co	0,081	0,026	0,048	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,017	0,025	0,000	0,016	0,035	0,029	0,014	0,000	0,005	0,025
Zn	0,042	0,093	0,182	0,050	0,009	0,051	0,036	0,048	0,016	0,040
Total	24,031	24,029	24,050	24,002	23,940	24,003	23,997	24,001	23,994	24,005
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	1,79	0,84	0,26	0,21	1,84	0,28	0,30	0,20	0,29	0,18
Cr/(Cr+Al)	100,00	93,65	64,78	63,06	99,92	66,28	66,14	61,21	61,75	60,33
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,00	1,93	8,78	9,92	0,19	7,21	7,73	9,89	45,18	15,13
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	89,17	40,35	11,71	10,11	92,03	13,78	14,51	9,28	8,12	7,74
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,08	0,63	1,00	0,99	0,06	0,90	0,91	1,01	1,57	1,10

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ²⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ³⁺ +Al+Cr	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Cr/(Cr+Al)	Cr/(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)
97-MH-7374-02	1c	Harzb à chro	Cœur	0,056	0,671	18,250	0,211	41,050	6,308	8,141	0,424	22,194	n.a.	0,054	0,063	99,556	0,004	0,109	5,576	0,044	8,876	1,250	3,157	0,093	0,000	0,032	0,012	24,002	7,95	39,53	61,33	0,26	
97-MH-7374-02	2a	Harzb à chro	Bordure	0,004	0,681	18,398	0,287	43,235	6,308	3,269	0,806	29,103	n.a.	0,032	0,097	99,067	0,001	0,133	5,648	0,060	8,905	1,207	3,123	0,096	n.a.	0,007	0,019	23,996	7,15	39,00	61,19	0,23	
97-MH-7374-02	4a	Harzb à chro	Bordure	0,058	0,667	16,488	0,241	41,476	6,515	2,811	0,770	29,564	n.a.	0,132	0,176	98,898	0,016	0,137	5,319	0,053	8,976	1,342	1,147	0,178	n.a.	0,029	0,036	24,001	8,58	14,49	62,79	0,20	
97-MH-7374-02	4b	Harzb à chro	Cœur	0,028	0,735	17,422	0,363	43,536	6,830	8,697	0,492	21,248	n.a.	0,152	0,000	99,486	0,003	0,144	5,343	0,076	8,957	1,337	3,374	0,108	n.a.	0,032	0,000	23,998	8,55	42,19	62,64	0,29	
97-MH-7374-03	2	Harzb à chro	Cœur	0,051	1,288	15,990	0,296	40,354	6,851	2,193	0,849	30,973	n.a.	0,063	0,188	99,073	0,008	0,267	5,186	0,065	8,780	1,419	0,780	0,198	n.a.	0,014	0,038	24,003	9,22	11,21	62,87	0,20	
97-MH-7374-03	3	Harzb à chro	Cœur	0,004	0,937	15,949	0,188	40,153	7,939	1,905	0,878	31,191	n.a.	0,169	0,193	99,560	0,014	0,194	5,165	0,042	8,722	1,641	0,780	0,204	n.a.	0,037	0,039	24,005	10,57	9,82	62,81	0,23	
97-MH-7374-03	4	Harzb à chro	Cœur	0,004	0,981	16,918	0,296	40,676	6,656	2,293	0,704	31,107	n.a.	0,116	0,169	99,929	0,001	0,200	5,418	0,065	8,739	1,961	0,929	0,162	n.a.	0,025	0,034	24,003	8,77	11,62	61,73	0,19	
97-MH-7374-03	1a	Harzb à chro	Bordure	0,037	0,561	14,166	0,121	35,510	29,559	0,314	0,735	30,356	n.a.	0,000	0,087	98,092	0,011	0,129	0,290	0,030	8,596	6,810	0,143	0,190	n.a.	0,000	0,020	23,992	43,39	1,81	96,74	0,88	
97-MH-7374-03	1b	Harzb à chro	Cœur	0,011	1,277	14,166	0,195	40,133	8,990	1,633	0,935	31,436	n.a.	0,075	0,247	99,112	0,003	0,268	4,656	0,044	8,849	1,887	0,679	0,221	n.a.	0,017	0,051	24,007	12,26	8,48	65,52	0,26	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7374-04	97-MH-7374-04	97-MH-7374-04	97-MH-7374-04	97-MH-7374-04	97-MH-7374-04	97-MH-7374-05	97-MH-7374-05	97-MH-7374-05	97-MH-7374-05
Point	4	1	2a	2b	3a	3b	1a	1b	2	3
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro
Chromite	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,036	0,045	0,001	0,028	0,019	0,027	0,049	0,036	0,039	0,045
TiO ₂	0,603	0,997	0,658	0,958	0,656	0,680	0,489	0,862	0,726	0,861
Al ₂ O ₃	19,033	16,690	1,416	16,759	17,534	18,175	4,830	14,040	17,100	16,314
V ₂ O ₅	0,347	0,311	0,189	0,222	0,204	0,293	0,281	0,240	0,212	0,350
Cr ₂ O ₃	42,067	40,586	37,175	40,570	40,834	42,506	39,456	41,381	41,203	41,515
Fe ₂ O ₃	6,740	6,961	27,139	6,812	6,416	7,120	22,688	9,888	7,032	7,317
MgO	7,854	2,200	0,426	2,459	2,517	7,450	0,702	1,675	2,329	2,374
MnO	0,494	0,989	0,926	0,835	0,888	0,584	0,787	0,830	0,773	0,832
FeO	22,912	30,947	30,266	30,547	30,337	23,454	31,093	31,627	31,063	30,886
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,101	0,151	0,180	0,144	0,104	0,126	0,078	0,116	0,104	0,114
ZnO	0,109	0,179	0,040	0,162	0,154	0,081	0,071	0,194	0,138	0,231
Total	100,299	100,062	98,430	99,503	99,701	100,512	100,524	100,914	100,726	100,858
Si	0,009	0,012	0,000	0,008	0,005	0,007	0,014	0,010	0,010	0,012
Ti	0,117	0,204	0,150	0,197	0,134	0,133	0,107	0,178	0,147	0,175
Al	5,789	5,347	0,507	5,386	5,602	5,555	1,657	4,540	5,431	5,192
V	0,072	0,068	0,046	0,049	0,044	0,061	0,066	0,053	0,046	0,076
Cr	8,584	8,723	8,927	8,746	8,752	8,715	9,079	8,977	8,778	8,864
Fe ³⁺	1,309	1,424	6,203	1,398	1,309	1,389	4,969	2,042	1,426	1,487
Mg	3,022	0,891	0,193	0,999	1,017	2,880	0,305	0,685	0,935	0,956
Mn	0,108	0,228	0,238	0,193	0,204	0,128	0,194	0,193	0,176	0,190
Fe ²⁺	4,945	7,035	7,687	6,966	6,877	5,086	7,568	7,257	7,000	6,975
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,021	0,033	0,044	0,032	0,023	0,026	0,018	0,026	0,023	0,025
Zn	0,021	0,036	0,009	0,033	0,031	0,015	0,015	0,039	0,027	0,046
Total	23,997	24,001	24,004	24,007	23,998	23,995	23,992	24,000	23,999	23,998
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,26	0,20	0,81	0,20	0,19	0,27	0,66	0,28	0,20	0,21
Cr/(Cr+Al)	59,72	62,00	94,63	61,89	60,97	61,07	84,57	66,41	61,78	63,06
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	37,93	11,24	2,45	12,54	12,88	36,15	3,87	8,63	11,78	12,05
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,35	9,19	39,67	9,00	8,36	8,87	31,64	13,12	9,12	9,57
Cr/(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,37	1,03	0,64	1,05	1,07	1,35	0,72	0,97	1,04	1,05

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	VO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ²⁺	Mg	Mn	Fe ³⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	
97-MH-7374-05	4a	Lherz à chro	Bordure	0,064	0,736	17,295	0,209	41,199	28,528	0,488	0,818	30,768	n.a.	0,000	0,156	99,584	0,066	0,124	5,427	0,045	8,782	6,447	0,219	0,204	0,187	n.a.	0,000	0,031	0,006	23,993	0,21	61,81	12,51	9,12	41,09
97-MH-7374-05	4b	Lherz à chro	Intérimédiale	0,039	0,750	17,295	0,315	43,909	7,031	8,269	0,999	22,310	n.a.	0,150	0,122	100,529	0,021	0,193	5,273	0,073	9,022	1,669	3,189	0,087	0,166	n.a.	0,031	0,023	0,043	23,999	0,23	65,24	9,10	10,87	41,65
97-MH-7374-05	5	Lherz à chro	Cœur	0,077	0,934	14,873	0,334	41,609	8,170	1,776	0,715	31,613	n.a.	0,000	0,215	100,332	0,015	0,149	4,807	0,051	8,987	1,456	0,977	0,165	0,189	n.a.	0,011	0,024	0,019	23,993	0,21	63,40	12,29	9,31	41,65
97-MH-7374-06	1	Lherz à chro	Cœur	0,054	0,728	16,234	0,235	41,917	7,134	2,417	0,719	30,736	n.a.	0,051	0,122	100,360	0,005	0,201	5,188	0,053	8,987	1,456	0,977	0,165	0,189	n.a.	0,011	0,024	0,019	23,993	0,21	63,40	12,29	9,31	41,65
97-MH-7374-06	2a	Lherz à chro	Bordure	0,015	0,893	1,348	0,219	38,543	26,150	0,598	0,748	30,852	n.a.	0,097	0,086	99,862	0,005	0,201	0,475	0,053	9,108	5,949	0,267	0,159	0,159	n.a.	0,023	0,019	0,019	24,000	0,77	95,04	3,35	8,81	38,30
97-MH-7374-06	2b	Lherz à chro	Cœur	0,027	0,724	16,524	0,284	41,827	6,745	2,263	0,693	31,017	n.a.	0,066	0,214	100,404	0,007	0,148	5,279	0,062	8,965	1,376	0,914	0,159	0,159	n.a.	0,014	0,043	0,043	24,001	0,73	62,94	3,27	8,81	38,30
97-MH-7374-06	3a	Lherz à chro	Bordure	0,029	0,830	2,526	0,212	38,517	25,100	0,589	0,633	31,082	n.a.	0,174	0,078	99,784	0,009	0,186	0,885	0,050	9,052	5,614	0,261	0,159	0,159	n.a.	0,042	0,017	0,017	24,001	0,73	62,94	3,27	8,81	38,30
97-MH-7374-06	3b	Lherz à chro	Cœur	0,048	0,722	17,208	0,257	41,596	6,569	2,758	0,688	30,428	n.a.	0,192	0,133	100,600	0,013	0,146	5,451	0,055	8,840	1,329	0,261	0,157	0,157	n.a.	0,042	0,026	0,026	24,004	0,19	61,86	13,91	8,51	36,10
97-MH-7374-06	4a	Lherz à chro	Bordure	0,044	0,765	0,972	0,125	36,807	28,696	0,434	0,694	30,893	n.a.	0,081	0,059	99,573	0,013	0,173	0,345	0,030	8,758	6,499	0,195	0,177	0,177	n.a.	0,020	0,013	0,013	23,998	0,84	96,21	2,45	41,65	1,08

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7374-08	97-MH-7374-08	97-MH-7374-08	97-MH-7374-08	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10
Point	1	2	3	4b	1	2	3a	3b	4	5
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,039	0,000	0,050	0,058	0,032	0,029	0,038	0,024	0,050	0,042
TiO ₂	0,547	0,586	0,544	0,564	0,533	0,497	0,163	0,469	0,544	0,462
Al ₂ O ₃	18,171	18,192	17,911	18,665	18,404	17,877	9,775	18,072	18,600	18,351
V ₂ O ₃	0,214	0,253	0,114	0,195	0,230	0,239	0,224	0,151	0,261	0,215
Cr ₂ O ₃	44,690	44,369	43,222	43,223	44,641	43,667	53,741	42,851	45,028	45,129
Fe ₂ O ₃	5,946	5,740	5,806	5,821	5,859	5,445	3,317	5,633	5,435	5,314
MgO	8,383	8,448	5,614	7,544	9,203	5,167	3,058	4,805	9,723	9,257
MnO	0,365	0,288	0,474	0,320	0,423	0,551	0,528	0,499	0,322	0,296
FeO	22,273	22,079	26,153	23,446	20,831	26,813	28,091	27,298	20,156	20,683
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,179	0,093	0,115	0,102	0,090	0,000	0,161	0,016	0,055	0,042
ZnO	0,122	0,053	0,080	0,113	0,062	0,125	0,142	0,088	0,085	0,000
Total	100,941	100,103	100,094	100,065	100,333	100,425	99,240	99,924	100,283	99,812
Si	0,010	0,000	0,013	0,015	0,008	0,008	0,011	0,006	0,013	0,011
Ti	0,106	0,114	0,108	0,110	0,103	0,099	0,034	0,094	0,104	0,089
Al	5,497	5,539	5,567	5,708	5,558	5,557	3,231	5,653	5,594	5,563
V	0,044	0,052	0,024	0,040	0,047	0,050	0,050	0,032	0,053	0,044
Cr	9,069	9,063	9,012	8,867	9,044	9,105	11,918	8,992	9,084	9,178
Fe ³⁺	1,148	1,116	1,152	1,137	1,130	1,081	0,700	1,125	1,044	1,029
Mg	3,208	3,254	2,207	2,918	3,516	2,032	1,279	1,901	3,699	3,550
Mn	0,079	0,063	0,106	0,070	0,092	0,123	0,126	0,112	0,070	0,064
Fe ²⁺	4,781	4,770	5,768	5,087	4,464	5,914	6,589	6,059	4,301	4,449
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,037	0,019	0,024	0,021	0,018	0,000	0,036	0,003	0,011	0,009
Zn	0,023	0,010	0,016	0,022	0,012	0,024	0,029	0,017	0,016	0,000
Total	24,002	24,000	23,997	23,995	23,992	23,993	24,003	23,994	23,989	23,986
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,24	0,23	0,20	0,22	0,25	0,18	0,11	0,19	0,24	0,23
Cr/(Cr+Al)	62,26	62,07	61,81	60,84	61,94	62,10	78,67	61,40	61,89	62,26
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	40,16	40,55	27,67	36,45	44,06	25,57	16,26	23,88	46,24	44,38
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	7,31	7,10	7,32	7,24	7,18	6,87	4,42	7,13	6,64	6,53
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,53	1,54	1,30	1,42	1,62	1,30	1,64	1,25	1,70	1,68

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	1	2a	2b	4a	4b	2	1a	1b	3a	3b
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
Chromite	Ceurr	Bordure	Ceurr	Bordure	Ceurr	Ceurr	Bordure	Ceurr	Bordure	Ceurr
SiO ₂	0,035	0,039	0,030	0,064	0,042	0,050	0,106	0,753	0,000	0,038
TiO ₂	0,528	1,057	0,564	0,553	0,562	0,800	1,190	0,636	1,296	0,809
Al ₂ O ₃	18,202	5,303	17,924	5,275	17,677	16,830	3,365	17,261	1,647	16,825
VO ₃	0,191	0,190	0,148	0,227	0,209	0,297	0,040	0,235	0,204	0,204
Cr ₂ O ₃	44,696	41,831	42,316	41,258	43,563	41,983	38,943	41,830	38,959	42,195
Fer ₂ O ₃	5,602	17,787	6,154	18,429	6,376	6,295	22,440	6,556	23,904	5,883
MgO	8,505	1,168	4,926	1,055	6,948	2,893	0,735	3,921	0,646	2,850
MnO	0,321	0,773	0,436	0,732	0,428	0,592	0,775	0,584	0,671	0,619
FeO	21,939	30,549	27,194	30,604	24,107	30,218	30,921	28,449	30,830	30,195
COO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,144	0,110	0,048	0,164	0,045	0,107	0,112	0,132	0,217	0,085
ZnO	0,056	0,119	0,161	0,080	0,094	0,161	0,060	0,161	0,045	0,221
Total	100,223	98,939	99,919	98,871	100,065	100,238	98,734	100,534	98,446	99,930
Si	0,009	0,012	0,008	0,019	0,011	0,014	0,032	0,200	0,000	0,010
Ti	0,102	0,233	0,113	0,211	0,111	0,162	0,267	0,127	0,295	0,165
Al	5,533	1,833	5,608	1,827	5,451	5,951	1,183	5,396	0,587	5,367
V	0,040	0,045	0,031	0,053	0,044	0,064	0,009	0,050	0,050	0,044
Cr	9,115	9,701	8,882	9,585	9,012	8,955	9,182	8,772	9,313	9,030
Cr ³⁺	1,087	3,926	1,229	4,075	1,255	1,278	5,035	1,309	5,438	1,198
Mg	3,270	0,511	1,950	0,462	2,710	1,164	0,327	1,550	0,291	1,150
Mn	0,070	0,192	0,098	0,182	0,095	0,135	0,196	0,131	0,172	0,142
Fe ²⁺	4,732	7,494	6,038	7,521	5,275	6,818	7,711	6,311	7,795	6,835
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,030	0,026	0,010	0,039	0,009	0,023	0,027	0,028	0,053	0,018
Zn	0,011	0,026	0,031	0,017	0,018	0,032	0,013	0,032	0,010	0,044
Total	23,999	23,999	23,998	23,991	23,996	23,996	23,982	23,906	24,004	24,003
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,23	0,52	0,20	0,54	0,24	0,19	0,65	0,21	0,70	0,18
Cr/(Cr+Al)	62,23	84,11	61,30	83,99	62,31	62,60	88,59	61,91	94,07	62,72
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	40,86	6,38	24,41	5,79	33,94	14,58	4,07	19,72	3,60	14,40
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	6,91	25,39	7,82	26,31	7,98	8,20	32,69	8,46	35,45	7,68
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,57	0,85	1,22	0,83	1,38	1,11	0,72	1,15	0,70	1,12

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7374-15	97-MH-7374-15	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-17	97-MH-7374-17
Point	4a	4b	1	3	2a	2b	4a	4b	2	3
Lithologie	Lherz à chro	Lherz à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,009	0,041	0,002	0,025	0,030	0,032	0,015	0,032	0,031	0,049
TiO ₂	1,458	0,723	1,034	1,324	0,913	0,930	0,915	0,834	0,663	1,103
Al ₂ O ₃	2,271	15,839	15,421	15,268	2,451	16,096	1,488	16,419	18,469	15,915
V ₂ O ₃	0,137	0,248	0,133	0,240	0,161	0,248	0,268	0,107	0,200	0,192
Cr ₂ O ₃	40,494	42,701	41,209	41,210	39,212	41,335	37,952	40,757	42,772	41,283
Fe ₂ O ₃	21,516	6,337	7,010	6,853	23,306	6,693	25,424	6,868	6,343	6,978
MgO	0,612	2,489	2,230	2,151	0,511	2,285	0,438	2,241	8,087	2,320
MnO	0,732	0,561	0,953	0,938	1,070	0,920	1,051	0,990	0,530	1,031
FeO	31,212	30,491	30,418	30,918	30,395	30,561	30,227	30,428	22,325	30,672
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,183	0,000	0,239	0,182	0,121	0,169	0,152	0,138	0,152	0,000
ZnO	0,014	0,232	0,256	0,191	0,075	0,211	0,142	0,181	0,145	0,154
Total	98,638	99,669	98,909	99,308	98,255	99,492	98,196	99,014	99,728	99,710
Si	0,003	0,011	0,001	0,007	0,009	0,009	0,004	0,009	0,008	0,013
Ti	0,329	0,149	0,215	0,274	0,207	0,192	0,209	0,172	0,129	0,227
Al	0,804	5,100	5,026	4,960	0,872	5,196	0,533	5,317	5,651	5,127
V	0,033	0,054	0,030	0,053	0,039	0,054	0,065	0,024	0,042	0,042
Cr	9,620	9,224	9,010	8,982	9,357	8,951	9,123	8,855	8,780	8,922
Fe ³⁺	4,865	1,303	1,459	1,422	5,293	1,379	5,817	1,420	1,239	1,435
Mg	0,274	1,014	0,919	0,884	0,230	0,933	0,199	0,918	3,130	0,946
Mn	0,186	0,130	0,223	0,219	0,273	0,213	0,271	0,230	0,116	0,239
Fe ²⁺	7,843	6,967	7,034	7,128	7,672	7,000	7,686	6,992	4,847	7,011
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,044	0,000	0,053	0,040	0,029	0,037	0,037	0,031	0,032	0,000
Zn	0,003	0,047	0,052	0,039	0,017	0,043	0,032	0,037	0,028	0,031
Total	24,004	23,999	24,022	24,008	23,998	24,007	23,976	24,005	24,002	23,993
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,62	0,19	0,21	0,20	0,69	0,20	0,76	0,20	0,26	0,20
Cr/(Cr+Al)	92,29	64,40	64,19	64,42	91,48	63,27	94,48	62,48	60,84	63,51
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	3,38	12,71	11,56	11,03	2,91	11,76	2,52	11,61	39,24	11,89
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	31,82	8,34	9,42	9,26	34,10	8,88	37,59	9,11	7,91	9,27
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,76	1,12	1,06	1,05	0,72	1,07	0,68	1,05	1,44	1,06

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7374-17	97-MH-7374-17	97-MH-7374-17	97-MH-7374-17	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18
Point	5	1b	4a	4b	3	4	1a	1b	1c	2a
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb
Chromite	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,044	0,046	0,047	0,051	0,026	0,026	1,538	0,043	0,027	0,036
TiO ₂	0,550	0,545	0,833	0,552	0,926	1,377	0,052	0,213	0,849	0,082
Al ₂ O ₃	17,936	18,958	3,794	18,907	15,208	13,821	0,057	0,172	12,625	0,008
V ₂ O ₅	0,254	0,277	0,108	0,169	0,341	0,391	0,039	0,097	0,380	0,057
Cr ₂ O ₃	43,116	43,173	36,395	40,639	39,286	38,852	0,732	27,396	38,814	0,738
Fe ₂ O ₃	7,137	5,987	24,800	5,841	9,531	11,173	69,046	39,244	13,183	69,069
MgO	9,009	8,945	0,577	4,422	1,433	1,263	2,261	0,147	0,864	0,115
MnO	0,421	0,412	1,008	0,847	1,242	1,182	0,015	0,947	1,365	0,000
FeO	20,733	21,079	30,484	27,411	31,429	32,159	27,499	29,890	31,779	31,372
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,119	0,084	0,076	0,110	0,170	0,073
NiO	0,089	0,063	0,106	0,142	0,152	0,099	0,037	0,047	0,067	0,059
ZnO	0,110	0,162	0,111	0,108	0,520	0,498	0,050	0,200	0,570	0,025
Total	99,410	99,655	98,284	99,100	100,213	100,925	101,402	98,506	100,693	101,634
Si	0,011	0,012	0,014	0,014	0,007	0,007	0,453	0,013	0,008	0,011
Ti	0,107	0,106	0,188	0,111	0,192	0,286	0,012	0,049	0,178	0,019
Al	5,481	5,756	1,341	5,953	4,937	4,493	0,020	0,063	4,153	0,003
V	0,053	0,057	0,026	0,036	0,075	0,087	0,009	0,024	0,085	0,014
Cr	8,839	8,794	8,627	8,583	8,557	8,473	0,171	6,671	8,565	0,177
Fe ³⁺	1,393	1,161	5,595	1,174	1,976	2,319	15,308	9,095	2,769	15,743
Mg	3,483	3,435	0,258	1,761	0,588	0,520	0,993	0,068	0,359	0,052
Mn	0,092	0,090	0,256	0,192	0,290	0,276	0,004	0,247	0,323	0,000
Fe ²⁺	4,496	4,541	7,643	6,124	7,240	7,418	6,775	7,698	7,418	7,947
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,026	0,019	0,018	0,027	0,038	0,018
Ni	0,019	0,013	0,025	0,031	0,034	0,022	0,009	0,012	0,015	0,014
Zn	0,021	0,031	0,025	0,021	0,106	0,101	0,011	0,045	0,117	0,006
Total	23,995	23,996	23,998	24,000	24,028	24,021	23,783	24,012	24,028	24,004
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,31	0,26	0,73	0,19	0,27	0,31	2,26	1,18	0,37	1,98
Cr/(Cr+Al)	61,72	60,44	86,55	59,05	63,41	65,35	89,53	99,06	67,35	98,33
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	43,65	43,07	3,27	22,33	7,51	6,55	12,78	0,88	4,62	0,65
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,87	7,39	35,95	7,47	12,77	15,17	98,77	57,16	17,88	98,87
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,50	1,54	0,65	1,18	0,93	0,87	0,01	0,40	0,84	0,01

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18	97-MH-7374-19	97-MH-7374-19	97-MH-7374-19	97-MH-7374-19	97-MH-7374-19	97-MH-7374-19	97-MH-7374-19	97-MH-7374-19
Point	2b	2c	3	1a	1b	2a	2b	2c	1a	4b
Lithologie	Harzb	Harzb	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz
Chromite	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire
SiO ₂	0,044	0,015	0,044	0,000	0,024	0,087	0,034	0,029	0,053	0,018
TiO ₂	0,851	0,838	1,072	0,666	1,885	0,056	0,740	1,551	0,051	0,285
Al ₂ O ₃	1,252	12,787	14,657	0,905	13,844	0,029	1,273	10,550	0,013	0,140
V ₂ O ₅	0,237	0,448	0,379	0,182	0,378	0,067	0,191	0,307	0,091	0,067
Cr ₂ O ₃	34,045	36,426	39,337	33,024	37,646	6,784	32,710	35,673	0,753	30,162
Fe ₂ O ₃	31,633	15,973	9,504	32,071	9,728	60,863	32,194	16,615	67,557	37,308
MgO	0,276	0,890	1,247	0,319	1,297	0,163	0,384	0,919	0,029	0,199
MnO	1,237	1,397	1,561	1,561	1,659	0,170	1,312	1,596	0,000	1,391
FeO	30,993	31,922	31,325	29,725	31,324	30,248	30,163	31,306	30,799	29,891
CoO	0,068	0,089	0,100	0,066	0,121	0,094	0,044	0,053	0,135	0,077
NiO	0,029	0,073	0,068	0,049	0,095	0,093	0,075	0,124	0,050	0,072
ZnO	0,108	0,521	0,922	0,283	0,778	0,000	0,355	0,653	0,000	0,216
Total	100,773	101,379	100,216	98,851	98,779	98,654	99,475	99,376	99,531	99,826
Si	0,013	0,004	0,012	0,000	0,007	0,027	0,010	0,008	0,016	0,005
Ti	0,191	0,175	0,223	0,152	0,399	0,013	0,168	0,333	0,012	0,065
Al	0,439	4,180	4,780	0,325	4,591	0,011	0,453	3,552	0,005	0,050
V	0,057	0,100	0,084	0,045	0,085	0,017	0,046	0,070	0,023	0,016
Cr	8,014	7,987	8,606	7,946	8,375	1,667	7,803	8,058	0,184	7,238
Fe ³⁺	7,087	3,333	1,979	7,345	2,060	14,233	7,309	3,572	15,731	8,521
Mg	0,123	0,368	0,514	0,145	0,544	0,076	0,173	0,391	0,013	0,090
Mn	0,312	0,328	0,366	0,402	0,395	0,045	0,335	0,386	0,000	0,358
Fe ²⁺	7,717	7,404	7,249	7,566	7,371	7,861	7,611	7,480	7,970	7,587
Co	0,016	0,020	0,022	0,016	0,027	0,023	0,011	0,012	0,033	0,019
Ni	0,007	0,016	0,015	0,012	0,022	0,023	0,018	0,029	0,012	0,018
Zn	0,024	0,107	0,188	0,064	0,162	0,000	0,079	0,138	0,000	0,048
Total	24,000	24,022	24,038	24,018	24,038	23,996	24,016	24,029	23,999	24,015
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,92	0,45	0,27	0,97	0,28	1,81	0,96	0,48	1,97	1,12
Cr/(Cr+Al)	94,81	65,64	64,29	96,07	64,59	99,34	94,51	69,41	97,35	99,31
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	1,57	4,73	6,62	1,88	6,87	0,96	2,22	4,97	0,16	1,17
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	45,60	21,50	12,88	47,04	13,71	89,45	46,96	23,53	98,81	53,90
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,54	0,74	0,93	0,53	0,89	0,08	0,52	0,73	0,01	0,45

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7374-19	97-MH-7374-20	97-MH-7374-20	97-MH-7374-20	97-MH-7374-20	97-MH-7374-20	97-MH-7374-20	97-MH-7374-20	97-MH-7374-20	97-MH-7374-21
Point	4c	1a	1b	1c	2	3a	3b	3c	4	1a
Lithologie	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Lherz	Harzb à chro
Chromite	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,025	0,103	0,029	0,002	0,054	0,008	0,027	0,022	0,021	0,058
TiO ₂	1,181	0,051	1,700	2,012	2,075	0,082	1,299	1,924	1,862	0,078
Al ₂ O ₃	14,705	0,034	0,588	11,463	15,503	0,008	1,818	15,393	15,036	0,031
V ₂ O ₅	0,289	0,056	0,124	0,439	0,473	0,043	0,164	0,383	0,388	0,080
Cr ₂ O ₃	38,361	1,789	32,731	35,832	38,065	2,036	35,572	39,490	39,602	5,788
Fe ₂ O ₃	9,543	65,891	30,436	17,420	10,093	66,332	26,985	8,696	10,087	62,672
MgO	1,370	0,105	0,666	7,222	6,094	0,002	0,860	5,354	7,588	0,085
MnO	1,706	0,133	2,874	4,765	2,533	0,128	2,674	2,096	4,006	0,180
FeO	30,743	30,285	28,540	18,771	23,761	30,824	28,333	25,220	19,619	30,760
CoO	0,113	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,120	0,403	0,186	0,223	0,239	0,294	0,171	0,148	0,044	0,025
ZnO	0,869	0,000	0,429	0,627	0,623	0,016	0,403	0,566	0,783	0,029
Total	99,025	98,881	98,326	98,788	99,524	99,793	98,312	99,303	99,044	99,826
Si	0,007	0,032	0,009	0,001	0,014	0,002	0,008	0,006	0,006	0,018
Ti	0,248	0,012	0,391	0,413	0,418	0,019	0,296	0,390	0,373	0,018
Al	4,845	0,012	0,212	3,691	4,892	0,003	0,648	4,893	4,727	0,011
V	0,065	0,014	0,030	0,096	0,102	0,011	0,040	0,083	0,083	0,020
Cr	8,479	0,440	7,905	7,739	8,059	0,497	8,511	8,420	8,351	1,407
Fe ³⁺	2,008	15,425	6,996	3,581	2,034	15,410	6,145	1,765	2,024	14,500
Mg	0,571	0,049	0,303	2,941	2,433	0,001	0,388	2,153	3,017	0,039
Mn	0,404	0,035	0,744	1,102	0,575	0,033	0,685	0,479	0,905	0,047
Fe ²⁺	7,188	7,879	7,291	4,288	5,321	7,958	7,170	5,688	4,376	7,909
Co	0,025	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,027	0,101	0,046	0,049	0,052	0,073	0,042	0,032	0,009	0,006
Zn	0,179	0,000	0,097	0,126	0,123	0,004	0,090	0,113	0,154	0,007
Total	24,046	23,999	24,024	24,027	24,023	24,011	24,023	24,022	24,025	23,982
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,28	1,96	0,96	0,84	0,38	1,94	0,86	0,31	0,46	1,83
Cr / (Cr+Al)	63,64	97,35	97,39	67,71	62,23	99,40	92,92	63,25	63,86	99,22
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	7,36	0,62	3,99	40,68	31,38	0,01	5,13	27,46	40,81	0,49
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	13,10	97,15	46,29	23,86	13,57	96,86	40,15	11,71	13,40	91,09
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,92	0,02	0,55	0,98	1,10	0,02	0,64	1,13	1,30	0,06

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Dénotations	1b	1c	2	3	4a	4b	4c	4e	1b	1c	2	3	4a	4b	4c	4e
Chromite	Intermédiaire	Cœur	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
Forme	1b	1c	2	3	4a	4b	4c	4e	1b	1c	2	3	4a	4b	4c	4e
SiO ₂	0,037	0,078	0,042	0,209	0,023	0,018	0,036	0,023	0,037	0,006	0,011	0,005	0,007	0,005	0,277	0,155
TiO ₂	0,793	1,085	0,919	1,080	0,031	0,739	1,346	1,057	2,177	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
Al ₂ O ₃	1,398	15,822	17,498	16,242	0,028	1,095	14,332	1,954	12,595	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
V ₂ O ₅	0,207	0,298	0,255	0,242	0,102	0,093	0,378	0,139	0,416	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
Cr ₂ O ₃	36,421	41,016	41,194	40,786	1,328	36,099	41,363	37,128	40,391	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
Fe ₂ O ₃	28,227	7,499	7,436	7,449	67,477	28,812	8,628	26,750	9,717	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
MgO	0,433	2,900	5,124	2,575	0,211	0,404	2,306	0,602	2,165	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
MnO	1,634	1,507	0,917	1,404	0,028	1,468	1,579	1,954	2,057	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
FeO	29,900	29,167	26,738	30,007	30,657	29,920	30,243	29,951	30,312	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,156	0,158	0,067	0,091	0,112	0,134	0,047	0,047	0,210	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
ZnO	0,088	0,326	0,300	0,381	0,016	0,150	0,368	0,134	0,279	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
Total	99,304	99,871	100,508	100,294	100,209	98,950	100,620	99,956	100,358	100,352	100,352	100,352	100,352	100,352	100,352	100,352
Si	0,011	0,021	0,011	0,007	0,064	0,007	0,005	0,011	0,006	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Ti	0,180	0,222	0,183	0,220	0,007	0,168	0,277	0,236	0,453	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
Al	0,496	5,074	5,453	5,193	0,010	0,391	4,618	0,755	4,107	0,155	0,453	0,155	0,007	0,168	0,277	0,155
V	0,050	0,065	0,054	0,053	0,025	0,023	0,083	0,033	0,092	0,057	0,155	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
Cr	8,670	8,824	8,612	8,749	0,322	8,646	8,942	8,730	8,835	8,612	8,612	8,612	8,612	8,612	8,612	8,612
Fe*	6,396	1,536	1,480	1,521	15,554	6,568	1,775	5,986	2,023	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465	1,465
Mg	0,194	1,176	2,020	1,041	0,096	0,183	0,940	0,267	0,893	2,291	2,291	2,291	2,291	2,291	2,291	2,291
Mn	0,417	0,347	0,205	0,223	0,007	0,377	0,366	0,492	0,482	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117
Fe*	7,529	6,637	5,912	6,808	7,853	7,580	6,916	7,449	7,013	5,701	5,701	5,701	5,701	5,701	5,701	5,701
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,038	0,035	0,014	0,020	0,028	0,033	0,010	0,011	0,047	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
Zn	0,020	0,066	0,059	0,076	0,004	0,034	0,074	0,029	0,057	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
Total	24,001	24,003	24,003	24,011	23,970	24,010	24,006	23,999	24,008	24,003	24,003	24,003	24,003	24,003	24,003	24,003
Fe*/Fe ²⁺	0,85	0,23	0,25	0,22	1,98	0,87	0,26	0,80	0,29	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Cr/(Cr+Al)	94,59	63,49	61,23	62,75	96,99	95,67	65,94	92,04	68,27	60,94	60,94	60,94	60,94	60,94	60,94	60,94
Mg/(Mg+Fe*)	2,51	15,05	25,47	13,26	1,21	2,36	11,97	3,16	11,30	28,67	28,67	28,67	28,67	28,67	28,67	28,67
Fe*/(Fe*+Al+Cr)	41,10	9,95	9,52	9,84	97,91	42,09	11,57	38,69	13,52	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39
Cr/(Fe ²⁺ +Fe*)	0,62	1,08	1,17	1,05	0,01	0,61	1,03	0,65	0,98	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Chromite	Sio ₂	Tio ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ³⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)
97-MH-7374-22	3a	Harzb à chro	Bordure	0,027	0,079	0,016	67,382	0,056	0,083	31,369	n.a.	0,249	0,062	101,748	0,008	0,018	0,101	0,044	8,120	7,322	0,140	0,487	7,515	n.a.	0,061	0,014	23,996	1,93	98,92	0,31	96,51	0,02
97-MH-7374-22	3b	Harzb à chro	Intérimale	0,028	0,805	0,280	31,818	0,307	1,881	29,382	n.a.	0,150	0,111	98,606	0,010	0,185	0,247	0,067	8,474	2,064	0,880	0,422	6,885	n.a.	0,037	0,025	23,986	0,97	98,77	1,83	47,11	0,55
97-MH-7374-22	3c	Harzb à chro	Harzb à chro	0,037	1,200	15,019	10,012	2,156	1,821	30,055	n.a.	0,142	0,442	100,312	0,008	0,364	4,476	0,075	8,852	1,831	1,885	0,443	5,980	n.a.	0,022	0,089	24,016	0,30	63,60	11,33	13,41	0,95
97-MH-7374-22	4	Harzb à chro	Harzb à chro	0,031	1,792	14,064	9,008	4,682	1,935	26,477	n.a.	0,101	0,357	100,259	0,010	0,364	4,476	0,075	8,852	1,831	1,885	0,443	5,980	n.a.	0,022	0,071	24,009	0,31	66,42	23,97	12,08	1,13
97-MH-7384-20A	5	Chr SII	Chr SII	0,015	0,745	13,266	15,586	6,872	4,459	19,532	n.a.	0,116	0,808	99,418	0,008	0,297	4,219	0,145	7,812	3,165	2,764	1,019	4,408	n.a.	0,025	0,161	24,023	0,72	64,93	38,54	20,83	1,03
97-MH-7384-20A	1	Chr SII	Chr SII	0,028	0,691	17,958	7,681	10,389	0,302	19,054	n.a.	0,121	0,097	99,708	0,004	0,144	5,466	0,039	8,710	1,481	3,968	0,666	4,082	n.a.	0,025	0,018	24,003	0,36	61,44	49,29	9,46	1,57
97-MH-7384-20A	3	Chr SII	Chr SII	0,050	0,661	18,576	7,340	8,107	0,464	22,257	n.a.	0,076	0,053	99,535	0,007	0,135	5,614	0,057	8,709	1,439	3,968	0,666	4,082	n.a.	0,016	0,010	23,991	0,30	61,23	39,37	9,19	1,38
97-MH-7384-20A	2	Chr SII	Chr SII	0,028	0,661	18,576	6,248	9,866	0,340	19,777	n.a.	0,070	0,114	99,649	0,013	0,128	5,614	0,064	8,844	1,206	3,772	0,674	4,241	n.a.	0,014	0,022	23,992	0,28	61,17	47,07	1,62	1,38
97-MH-7384-20A	3	Chr SII	Chr SII	0,028	0,691	17,958	7,340	8,107	0,464	22,257	n.a.	0,076	0,053	99,535	0,007	0,135	5,614	0,057	8,709	1,439	3,968	0,666	4,082	n.a.	0,016	0,010	23,991	0,30	61,23	39,37	9,19	1,38
97-MH-7384-20A	4	Chr SII	Chr SII	0,028	0,743	18,264	7,233	9,950	0,414	19,820	n.a.	0,092	0,048	100,200	0,010	0,143	5,501	0,040	8,769	1,391	3,790	0,690	4,236	n.a.	0,019	0,009	23,998	0,33	61,45	47,22	8,88	1,56

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7384-20B		97-MH-7384-20B		97-MH-7384-20B		97-MH-7384-20C		97-MH-7384-20C		97-MH-7384-20C		97-MH-7384-20C	
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	Chr Sil	Cœur	Chr Sil	Cœur
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur
SiO ₂	0,043	0,023	0,034	0,034	0,043	0,029	0,015	0,032	0,046	0,017				
TiO ₂	0,642	0,578	0,609	0,677	0,693	51,717	0,610	0,666	0,631	0,708				
Al ₂ O ₃	17,139	17,144	17,765	16,669	17,431	0,000	18,182	17,891	18,558	17,978				
V ₂ O ₅	0,284	0,290	0,338	0,268	0,193	0,000	0,254	0,192	0,232	0,262				
Cr ₂ O ₃	41,144	41,358	44,113	41,359	40,202	0,103	40,848	41,861	42,871	41,172				
Fe ₂ O ₃	6,701	7,001	6,998	6,886	7,082	0,000	7,053	7,192	7,123	7,272				
MgO	3,701	4,194	8,475	3,018	3,089	0,211	4,955	7,098	9,837	5,729				
MnO	0,638	0,676	0,410	0,806	0,672	1,859	0,651	0,447	0,333	0,492				
FeO	28,451	27,660	22,090	29,415	29,533	44,342	26,898	23,721	19,809	25,964				
CoO	0,093	0,104	0,101	0,079	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.				
NiO	0,108	0,168	0,126	0,137	0,116	0,131	0,069	0,120	0,143	0,092				
ZnO	0,221	0,094	0,112	0,217	0,143	0,022	0,118	0,055	0,120	0,081				
Total	99,165	99,290	101,171	99,565	99,198	98,429	99,658	99,283	99,711	99,769				
Si	0,012	0,006	0,009	0,009	0,012	0,008	0,004	0,008	0,012	0,004				
Ti	0,131	0,117	0,117	0,138	0,142	10,630	0,122	0,132	0,122	0,141				
Al	5,467	5,444	5,371	5,336	5,575	0,000	5,696	5,547	5,611	5,602				
V	0,062	0,063	0,070	0,058	0,042	0,000	0,054	0,041	0,048	0,056				
Cr	8,805	8,810	8,948	8,882	8,625	0,022	8,585	8,707	8,696	8,606				
Fe ³⁺	1,365	1,419	1,351	1,407	1,446	0,000	1,411	1,424	1,375	1,447				
Mg	1,493	1,685	3,241	1,222	1,250	0,086	1,963	2,784	3,762	2,258				
Mn	0,146	0,154	0,089	0,185	0,154	0,430	0,147	0,100	0,072	0,110				
Fe ²⁺	6,440	6,232	4,739	6,681	6,702	10,136	5,980	5,219	4,250	5,741				
Co	0,020	0,022	0,021	0,017	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.				
Ni	0,023	0,036	0,026	0,030	0,025	0,029	0,015	0,025	0,029	0,019				
Zn	0,044	0,019	0,021	0,044	0,029	0,005	0,023	0,011	0,023	0,016				
Total	24,008	24,007	24,003	24,009	24,002	21,346	24,000	23,998	24,000	24,000				
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,21	0,23	0,29	0,21	0,22	0,00	0,24	0,27	0,32	0,25				
Cr/(Cr+Al)	61,69	61,81	62,49	62,47	60,74	100,00	60,11	61,08	60,78	60,57				
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	18,82	21,28	40,61	15,46	15,72	0,84	24,71	34,79	46,95	28,23				
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,73	9,05	8,62	9,00	9,24	0,00	8,99	9,08	8,77	9,24				
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,13	1,15	1,47	1,10	1,06	0,00	1,16	1,31	1,55	1,20				

Tableau C.2 Composition des chromatites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	3	2	1	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a
	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII
	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
Si	0,004	0,007	0,005	0,009	0,004	0,003	0,002	0,005	0,009	0,003
Ti	0,124	0,113	0,128	0,124	0,124	0,000	0,074	0,089	0,105	0,072
Al	5,338	5,383	5,260	3,276	5,297	3,609	5,397	5,346	5,336	5,266
V	0,041	0,040	0,048	0,045	0,036	0,035	0,034	0,020	0,032	0,035
Cr	9,109	9,223	9,195	11,005	8,847	11,777	8,932	8,940	9,225	9,078
Fe ²⁺	1,246	1,111	1,207	1,418	1,556	0,547	1,465	1,462	1,386	1,440
Mg	2,366	2,696	1,743	0,989	1,573	1,132	1,402	1,466	2,167	1,402
Mn	0,118	0,098	0,124	0,179	0,141	0,173	0,150	0,143	0,113	0,147
Fe ³⁺	5,610	5,290	6,239	6,848	6,383	6,662	6,444	6,444	5,803	6,487
Co	0,012	0,016	0,014	0,030	0,000	0,019	0,002	0,039	0,000	0,011
Ni	0,014	0,019	0,012	0,000	0,008	0,000	0,000	0,008	0,008	0,017
Zn	0,021	0,004	0,019	0,053	0,034	0,056	0,059	0,058	0,012	0,058
Total	24,003	24,000	24,004	24,010	24,003	24,013	24,020	23,996	24,016	
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,22	0,21	0,19	0,21	0,24	0,08	0,23	0,23	0,24	0,22
Cr/(Cr+Al)	63,05	63,15	63,61	76,52	62,55	76,54	62,34	62,58	62,84	63,29
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	29,66	33,76	21,84	12,62	19,77	14,52	17,76	18,53	27,19	17,77
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	7,94	7,07	7,71	8,98	9,91	3,43	9,28	9,28	8,80	9,12
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,33	1,44	1,23	1,33	1,11	1,63	1,12	1,13	1,26	1,15
97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01A	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B
Point	4b	5a	5b	6a	10a	10b	1a	1b	2a	2b
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
SiO ₂	0,011	0,012	0,033	0,022	0,006	0,029	0,021	0,015	0,031	0,011
TiO ₂	0,762	0,551	0,705	0,648	0,515	0,541	0,583	0,540	0,406	0,451
Al ₂ O ₃	16,622	16,714	16,817	16,558	16,243	16,740	16,698	16,783	17,082	17,663
V ₂ O ₃	0,159	0,115	0,207	0,200	0,205	0,184	0,223	0,158	0,102	0,141
Cr ₂ O ₃	41,682	41,618	41,933	41,480	42,005	42,215	41,850	42,819	41,887	43,785
Fe ₂ O ₃	6,729	6,491	6,496	6,921	7,223	7,330	6,533	6,469	6,383	6,940
MgO	3,704	3,411	3,837	3,426	3,010	4,257	2,864	4,315	2,947	7,892
MnO	0,615	0,628	0,593	0,639	0,663	0,595	0,638	0,563	0,654	0,384
FeO	28,588	28,645	28,421	28,800	29,441	27,830	29,785	27,686	29,522	22,619
CoO	0,000	0,164	0,169	0,100	0,029	0,111	0,230	0,147	0,070	0,000
NiO	0,000	0,086	0,000	0,042	0,038	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
ZnO	0,233	0,265	0,211	0,259	0,230	0,177	0,240	0,198	0,315	0,118
Total	99,105	98,700	99,422	99,095	99,608	100,009	99,668	99,693	99,399	100,004
Si	0,003	0,003	0,009	0,006	0,002	0,008	0,006	0,004	0,008	0,003
Ti	0,156	0,113	0,143	0,133	0,105	0,109	0,119	0,109	0,083	0,088
Al	5,317	5,379	5,354	5,311	5,209	5,289	5,346	5,314	5,469	5,418
V	0,035	0,025	0,045	0,044	0,045	0,040	0,049	0,034	0,022	0,029
Cr	8,945	8,985	8,957	8,926	9,036	8,947	8,989	9,095	8,996	9,010
Fe ³⁺	1,374	1,334	1,321	1,417	1,479	1,479	1,335	1,308	1,305	1,359
Mg	1,499	1,389	1,545	1,390	1,221	1,701	1,160	1,728	1,194	3,062
Mn	0,141	0,145	0,136	0,147	0,153	0,135	0,147	0,128	0,151	0,085
Fe ²⁺	6,489	6,541	6,421	6,555	6,699	6,239	6,767	6,220	6,707	4,923
Co	0,000	0,036	0,037	0,022	0,006	0,024	0,050	0,032	0,015	0,000
Ni	0,000	0,019	0,000	0,009	0,008	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Zn	0,047	0,053	0,042	0,052	0,046	0,035	0,048	0,039	0,063	0,023
Total	24,006	24,022	24,010	24,012	24,009	24,006	24,017	24,011	24,013	24,000
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,21	0,20	0,21	0,22	0,22	0,24	0,20	0,21	0,19	0,28
Cr / (Cr+Al)	62,72	62,55	62,59	62,70	63,43	62,85	62,71	63,12	62,19	62,45
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	18,77	17,52	19,39	17,50	15,42	21,42	14,63	21,74	15,11	38,35
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,79	8,50	8,45	9,05	9,41	9,41	8,52	8,32	8,28	8,61
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,14	1,14	1,16	1,12	1,10	1,16	1,11	1,21	1,12	1,43

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	7a	7b	7c	7d	7e	7f	7g	7h	7i	7j
Point	7a	7b	7c	7d	7e	7f	7g	7h	7i	7j
Lithologie	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Interm/diure	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,025	0,008	0,021	0,019	0,008	0,003	0,014	0,012	0,025	0,010
TiO ₂	0,542	0,510	0,473	0,526	0,412	0,567	0,524	0,637	0,637	0,527
Al ₂ O ₃	16,038	16,691	15,583	15,968	14,653	16,080	16,953	15,839	16,478	16,478
V ₂ O ₅	0,128	0,159	0,157	0,164	0,135	0,103	0,114	0,150	0,132	0,132
Cr ₂ O ₃	42,491	43,058	42,753	41,789	43,134	42,801	43,442	41,895	41,484	42,276
Fe ₂ O ₃	6,701	7,326	7,080	7,810	7,849	6,604	7,376	7,087	7,057	6,666
MgO	2,964	5,941	2,559	2,699	2,359	3,273	7,480	2,754	3,284	3,120
MnO	0,617	0,465	0,686	0,654	0,677	0,624	0,377	0,680	0,593	0,673
FeO	29,469	25,265	29,969	29,991	30,097	29,087	23,282	29,497	29,087	29,300
CoO	0,059	0,000	0,195	0,154	0,178	0,044	0,000	0,000	0,110	0,000
NiO	0,000	0,003	0,028	0,000	0,053	0,000	0,000	0,022	0,000	0,091
ZnO	0,165	0,214	0,384	0,368	0,367	0,150	0,130	0,300	0,380	0,294
Total	99,199	99,640	99,888	100,142	99,922	99,336	98,724	99,285	99,567	99,567
Si	0,007	0,002	0,006	0,005	0,002	0,001	0,003	0,007	0,003	0,003
Ti	0,111	0,102	0,097	0,108	0,085	0,116	0,132	0,108	0,130	0,108
Al	5,166	5,230	5,018	5,117	4,746	5,161	5,239	5,140	5,286	5,276
V	0,028	0,034	0,034	0,036	0,030	0,022	0,025	0,025	0,033	0,029
Cr	9,182	9,051	9,237	8,984	9,273	9,216	9,007	9,120	8,927	9,082
Fe ³⁺	1,378	1,466	1,456	1,598	1,623	1,353	1,455	1,468	1,445	1,363
Mg	1,208	2,355	1,042	1,094	0,966	1,329	2,924	1,130	1,332	1,264
Mn	0,143	0,105	0,159	0,151	0,158	0,144	0,084	0,159	0,137	0,155
Fe ²⁺	6,736	5,618	6,849	6,820	6,918	6,625	5,106	6,792	6,620	6,558
Co	0,013	0,000	0,043	0,033	0,039	0,010	0,000	0,000	0,024	0,000
Ni	0,000	0,001	0,006	0,000	0,012	0,000	0,000	0,005	0,000	0,020
Zn	0,033	0,042	0,077	0,074	0,075	0,030	0,025	0,061	0,076	0,059
Total	24,005	24,006	24,024	24,020	24,027	24,007	24,011	24,017	24,017	24,017
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,20	0,26	0,21	0,23	0,20	0,28	0,22	0,22	0,22	0,20
Cr/(Cr+Al)	63,99	63,98	64,80	63,71	66,39	64,10	63,22	63,96	62,81	63,25
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	15,21	29,54	13,20	13,82	12,25	16,71	36,41	14,26	16,75	15,96
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,76	9,31	9,27	10,18	10,31	8,60	9,27	9,33	9,23	8,67
Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,13	1,28	1,11	1,07	1,10	1,16	1,37	1,10	1,11	1,13

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-01B	97-MH-7385-03A	97-MH-7385-03A	97-MH-7385-03A	97-MH-7385-03A	97-MH-7385-03A
Point	7b	8a	8b	9a	9b	1a	1b	2a	2b	3a
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,008	0,031	0,024	0,018	0,034	0,021	0,008	0,031	0,028	0,009
TiO ₂	0,507	0,464	0,500	0,516	0,351	0,473	0,515	0,256	0,473	0,588
Al ₂ O ₃	17,269	16,616	16,803	16,745	17,091	17,902	17,659	13,743	17,957	16,828
V ₂ O ₅	0,137	0,062	0,154	0,124	0,139	0,011	0,211	0,127	0,118	0,062
Cr ₂ O ₃	42,778	41,242	40,867	41,560	41,195	41,873	43,812	41,776	41,585	42,238
Fe ₂ O ₃	6,904	7,676	7,774	7,128	7,661	6,319	6,396	10,063	6,072	6,508
MgO	5,957	3,097	3,230	2,886	3,155	4,419	7,259	2,409	3,598	3,754
MnO	0,455	0,624	0,604	0,683	0,653	0,517	0,369	0,584	0,578	0,556
FeO	25,328	29,339	29,186	29,742	29,309	27,701	23,644	29,535	28,893	28,554
CoO	0,120	0,208	0,323	0,022	0,000	0,223	0,000	0,161	0,140	0,174
NiO	0,000	0,038	0,072	0,028	0,088	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ZnO	0,221	0,369	0,273	0,353	0,219	0,279	0,166	0,261	0,166	0,315
Total	99,684	99,766	99,810	99,805	99,895	99,738	100,039	98,946	99,608	99,586
Si	0,002	0,009	0,006	0,005	0,009	0,006	0,002	0,009	0,007	0,002
Ti	0,101	0,095	0,102	0,105	0,071	0,095	0,101	0,054	0,096	0,119
Al	5,396	5,314	5,362	5,354	5,440	5,637	5,438	4,511	5,687	5,356
V	0,029	0,014	0,033	0,027	0,030	0,002	0,044	0,028	0,025	0,013
Cr	8,966	8,847	8,749	8,914	8,797	8,844	9,051	9,199	8,836	9,019
Fe ³⁺	1,377	1,567	1,584	1,455	1,557	1,270	1,258	2,109	1,228	1,323
Mg	2,354	1,253	1,304	1,167	1,270	1,760	2,827	1,000	1,441	1,511
Mn	0,102	0,143	0,139	0,157	0,149	0,117	0,082	0,138	0,132	0,127
Fe ²⁺	5,615	6,657	6,609	6,748	6,620	6,189	5,166	6,879	6,494	6,449
Co	0,025	0,045	0,070	0,005	0,000	0,048	0,000	0,036	0,030	0,038
Ni	0,000	0,008	0,016	0,006	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn	0,043	0,074	0,055	0,071	0,044	0,055	0,032	0,054	0,033	0,063
Total	24,010	24,026	24,029	24,014	24,006	24,023	24,001	24,017	24,009	24,020
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,25	0,24	0,24	0,22	0,24	0,21	0,24	0,31	0,19	0,21
Cr/(Cr+Al)	62,43	62,47	62,00	62,48	61,79	61,07	62,47	67,10	60,84	62,74
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	29,54	15,84	16,48	14,74	16,10	22,14	35,37	12,69	18,16	18,98
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	8,75	9,96	10,09	9,25	9,86	8,06	7,99	13,33	7,80	8,43
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,28	1,08	1,07	1,09	1,08	1,19	1,41	1,02	1,14	1,16

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7385-03A		97-MH-7385-03A		97-MH-7385-03A		97-MH-7385-03A		97-MH-7385-03A		97-MH-7385-03A		97-MH-7385-03D		97-MH-7385-03D	
	3b	4a	4b	5a	6a	6b	7a	7b	1a	1b	Chr Sil	Cœur	Chr Sil	Cœur	Chr Sil	Cœur
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
SiO ₂	0,000	0,008	0,000	0,042	0,022	0,029	0,016	0,000	0,021	0,021	0,016	0,000	0,000	0,021	0,021	0,021
TiO ₂	0,645	0,521	0,708	0,061	0,489	0,568	0,518	0,817	0,408	0,408	0,518	0,817	0,408	0,408	0,408	0,408
Al ₂ O ₃	16,969	15,658	16,019	0,060	15,710	15,978	15,793	15,696	16,762	16,061	15,793	15,696	16,762	16,061	16,061	16,061
V ₂ O ₅	0,104	0,093	0,119	0,000	0,214	0,156	0,193	0,131	0,111	0,075	0,193	0,131	0,111	0,075	0,075	0,075
Cr ₂ O ₃	44,062	42,712	42,769	27,405	42,548	42,527	43,054	42,456	42,821	43,853	43,054	42,456	42,821	43,853	43,853	43,853
Fe ₂ O ₃	6,496	7,136	6,937	39,955	7,499	7,182	6,838	6,880	6,165	6,190	7,182	6,880	6,165	6,190	6,190	6,190
MgO	7,649	3,193	3,949	0,034	3,282	3,509	3,258	3,278	2,985	3,044	3,509	3,278	2,985	3,044	3,044	3,044
MnO	0,329	0,556	0,540	1,128	0,576	0,592	0,627	0,607	0,806	0,859	0,592	0,607	0,806	0,859	0,859	0,859
FeO	22,899	29,116	28,313	29,879	29,001	28,758	29,046	29,236	29,423	29,270	29,879	29,236	29,423	29,270	29,270	29,270
CaO	0,000	0,130	0,152	0,317	0,144	0,003	0,000	0,150	0,099	0,000	0,003	0,150	0,099	0,000	0,000	0,000
NiO	0,000	0,040	0,005	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000
ZnO	0,316	0,416	0,062	0,314	0,313	0,197	0,331	0,260	0,260	0,212	0,197	0,260	0,260	0,212	0,212	0,212
Total	99,469	99,579	99,573	99,238	99,798	99,499	99,674	99,514	99,903	99,993	99,499	99,514	99,903	99,993	99,993	99,993
Si	0,000	0,002	0,000	0,013	0,006	0,008	0,004	0,000	0,006	0,006	0,008	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006
Ti	0,127	0,107	0,144	0,014	0,100	0,116	0,106	0,167	0,083	0,083	0,116	0,167	0,083	0,083	0,083	0,083
Al	5,257	5,033	5,108	0,022	5,033	5,115	5,062	5,042	5,348	5,132	5,115	5,042	5,348	5,132	5,132	5,132
V	0,022	0,020	0,026	0,000	0,047	0,034	0,042	0,029	0,024	0,016	0,034	0,029	0,024	0,016	0,016	0,016
Cr	9,157	9,210	9,149	6,642	9,145	9,132	9,258	9,148	9,165	9,400	9,132	9,148	9,165	9,400	9,400	9,400
Fe ³⁺	1,285	1,465	1,412	9,216	1,534	1,468	1,399	1,411	1,256	1,263	1,468	1,411	1,256	1,263	1,263	1,263
Mg	2,997	1,298	1,593	0,016	1,330	1,421	1,321	1,332	1,205	1,230	1,421	1,332	1,205	1,230	1,230	1,230
Mn	0,073	0,128	0,124	0,293	0,133	0,136	0,145	0,140	0,185	0,197	0,136	0,140	0,185	0,197	0,197	0,197
Fe ²⁺	5,034	6,641	6,406	7,659	6,593	6,532	6,606	6,663	6,661	6,636	6,532	6,663	6,661	6,636	6,636	6,636
Ca	0,000	0,028	0,033	0,078	0,031	0,001	0,000	0,033	0,021	0,000	0,001	0,033	0,021	0,000	0,000	0,000
Ni	0,000	0,009	0,001	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
Zn	0,061	0,084	0,012	0,071	0,063	0,039	0,066	0,052	0,052	0,042	0,039	0,052	0,052	0,042	0,042	0,042
Total	24,013	24,025	24,008	24,035	24,015	24,002	24,009	24,017	24,015	24,005	24,009	24,017	24,015	24,005	24,005	24,005
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,26	0,22	0,22	1,20	0,23	0,22	0,21	0,21	0,19	0,19	0,22	0,21	0,19	0,19	0,19	0,19
Cr/(Cr+Al)	63,53	64,66	64,17	99,67	64,50	64,10	64,65	64,47	63,15	64,68	64,10	64,47	63,15	64,68	64,68	64,68
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	37,32	16,35	19,91	0,21	16,79	17,87	16,66	16,66	15,32	15,64	17,87	16,66	15,32	15,64	15,64	15,64
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,19	9,33	9,01	58,04	9,76	9,34	8,90	9,04	7,96	8,00	9,34	9,04	7,96	8,00	8,00	8,00
Cr/(Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,45	1,14	1,17	0,39	1,13	1,14	1,16	1,13	1,16	1,19	1,14	1,13	1,16	1,19	1,19	1,19

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F
Point	2a	2b	3a	3b	4a	4b	6a	6c	1b	2a
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,023	0,010	0,000	0,010	0,012	0,014	0,033	0,013	0,006	0,024
TiO ₂	0,352	0,529	0,380	0,457	0,460	0,435	0,473	0,328	0,492	0,454
Al ₂ O ₃	16,811	16,829	16,319	16,323	16,416	16,040	16,785	17,011	17,324	15,829
V ₂ O ₃	0,262	0,056	0,152	0,119	0,078	0,243	0,126	0,155	0,049	0,063
Cr ₂ O ₃	42,643	42,713	42,947	43,332	43,084	43,356	42,677	42,731	44,230	44,150
Fe ₂ O ₃	6,282	5,942	6,517	6,652	5,952	6,290	6,161	5,984	6,655	5,719
MgO	3,001	3,051	3,059	3,723	2,831	3,051	2,920	3,000	7,820	3,458
MnO	0,813	0,816	0,818	0,832	0,851	0,852	0,868	0,853	0,339	0,537
FeO	29,290	29,410	29,135	28,320	29,530	29,109	29,538	29,255	22,710	28,706
CoO	0,259	0,109	0,013	0,054	0,142	0,144	0,145	0,000	0,000	0,000
NiO	0,014	0,036	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016
ZnO	0,313	0,356	0,281	0,152	0,286	0,200	0,308	0,243	0,205	0,225
Total	100,063	99,857	99,663	99,974	99,642	99,734	100,034	99,573	99,830	99,181
Si	0,006	0,003	0,000	0,003	0,003	0,004	0,009	0,004	0,002	0,006
Ti	0,072	0,108	0,078	0,093	0,094	0,089	0,096	0,067	0,097	0,093
Al	5,356	5,369	5,226	5,186	5,264	5,139	5,351	5,435	5,334	5,085
V	0,057	0,012	0,033	0,026	0,017	0,053	0,027	0,034	0,010	0,014
Cr	9,114	9,142	9,227	9,236	9,268	9,318	9,127	9,158	9,136	9,515
Fe ³⁺	1,278	1,210	1,333	1,349	1,219	1,287	1,254	1,221	1,308	1,173
Mg	1,209	1,231	1,239	1,496	1,148	1,236	1,178	1,212	3,046	1,405
Mn	0,186	0,187	0,188	0,190	0,196	0,196	0,199	0,196	0,075	0,124
Fe ²⁺	6,621	6,658	6,621	6,385	6,720	6,617	6,682	6,632	4,962	6,544
Co	0,056	0,024	0,003	0,012	0,031	0,031	0,031	0,000	0,000	0,000
Ni	0,003	0,008	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003
Zn	0,063	0,071	0,056	0,030	0,057	0,040	0,061	0,049	0,040	0,045
Total	24,021	24,023	24,013	24,006	24,017	24,010	24,015	24,008	24,010	24,007
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,19	0,18	0,20	0,21	0,18	0,19	0,19	0,18	0,26	0,18
Cr/(Cr+Al)	62,99	63,00	63,84	64,04	63,78	64,45	63,04	62,76	63,14	65,17
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	15,44	15,60	15,76	18,98	14,59	15,74	14,99	15,45	38,04	17,68
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,12	7,70	8,44	8,55	7,74	8,17	7,97	7,72	8,29	7,44
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,15	1,16	1,16	1,19	1,17	1,18	1,15	1,17	1,46	1,23

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F	97-MH-7385-03F
Point	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b	7a	Chr SII	Chr SII
Lithologie	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII	Chr SII
Chromite	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,019	0,030	0,016	0,047	0,017	0,013	0,018	0,038	0,031	0,013		
TiO ₂	0,588	0,447	0,408	0,491	0,489	0,471	0,553	0,379	0,430	0,491		
Al ₂ O ₃	16,962	16,119	16,766	15,829	16,629	15,861	17,140	15,906	16,846	15,826		
VO ₂	0,152	0,143	0,111	0,188	0,100	0,159	0,120	0,144	0,119	0,100		
Cr ₂ O ₃	43,917	42,931	42,804	44,192	43,163	44,426	44,537	43,611	44,169	43,801		
Fe ₂ O ₃	6,512	6,441	6,675	5,909	6,243	5,731	6,249	6,591	6,736	5,991		
MgO	6,738	3,381	3,974	3,303	3,793	3,454	7,205	3,619	6,899	3,661		
MnO	0,363	0,553	0,494	0,549	0,525	0,573	0,350	0,529	0,392	0,510		
FeO	24,321	28,767	28,201	29,142	28,865	23,738	28,483	23,859	28,393	28,993		
CoO	0,000	0,180	0,000	0,098	0,098	0,051	0,010	0,000	0,000	0,262		
NiO	0,000	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
ZnO	0,248	0,412	0,167	0,295	0,173	0,365	0,233	0,210	0,033	0,333		
Total	99,820	99,420	99,616	100,043	99,745	99,969	100,153	99,510	99,514	99,381		
Si	0,005	0,008	0,004	0,013	0,004	0,004	0,005	0,010	0,008	0,003		
Ti	0,117	0,091	0,083	0,100	0,099	0,109	0,077	0,085	0,100	0,100		
Al	5,269	5,169	5,324	5,052	5,285	5,060	5,288	5,087	5,242	5,073		
V	0,032	0,031	0,024	0,041	0,022	0,034	0,025	0,031	0,025	0,022		
Cr	9,153	9,235	9,118	9,461	9,202	9,509	9,217	9,357	9,219	9,418		
Fe ³⁺	1,292	1,319	1,353	1,204	1,267	1,168	1,231	1,346	1,338	1,226		
Mg	2,648	1,371	1,596	1,333	1,525	1,394	2,812	1,464	2,715	1,484		
Mn	0,081	0,128	0,113	0,126	0,120	0,131	0,078	0,122	0,088	0,118		
Fe ²⁺	5,361	6,545	6,354	6,599	6,430	6,535	5,196	6,464	5,267	6,458		
Co	0,000	0,039	0,000	0,021	0,021	0,011	0,002	0,000	0,000	0,057		
Ni	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Zn	0,048	0,083	0,033	0,059	0,034	0,073	0,045	0,042	0,006	0,067		
Total	24,006	24,022	24,002	24,009	24,009	24,015	24,008	24,000	23,993	24,026		
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,24	0,20	0,21	0,18	0,20	0,18	0,24	0,21	0,25	0,19		
Cr/(Cr+Al)	63,47	64,11	63,14	65,19	63,52	65,27	63,54	64,78	63,75	64,99		
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	39,06	17,32	20,08	16,81	19,17	17,58	35,11	18,47	34,01	18,69		
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,22	8,39	8,57	7,66	8,04	7,42	7,82	8,52	8,47	7,80		
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,38	1,17	1,18	1,21	1,20	1,23	1,43	1,20	1,40	1,23		

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	7b	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a1
Pointe	7b	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a1
Lithologie	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll	Chr Sll
Chromite	Ceurr	Bordure	Ceurr	Bordure	Ceurr	Bordure	Ceurr	Bordure	Ceurr	Bordure
SiO ₂	0,29	0,26	0,30	0,55	0,10	0,26	0,10	0,24	0,24	0,29
TiO ₂	0,50	0,627	0,528	0,633	0,508	0,630	0,520	0,597	0,524	0,499
Al ₂ O ₃	16,645	3,358	18,168	2,819	18,681	3,056	17,617	3,101	18,027	17,594
V ₂ O ₅	0,75	0,172	0,176	0,237	0,165	0,097	0,231	0,086	0,227	0,201
Cr ₂ O ₃	45,336	39,578	43,667	40,233	43,994	40,401	43,073	38,775	43,379	43,422
MgO	8,739	0,810	5,869	0,766	7,082	1,078	3,510	0,826	4,048	3,817
MnO	0,286	0,924	0,805	0,975	0,669	1,032	0,977	0,990	0,827	0,879
FeO	21,127	30,433	25,443	29,988	23,845	29,465	28,624	29,992	28,403	28,252
CoO	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,000	0,145	0,078	0,095	0,134	0,164	0,096	0,209	0,089	0,124
ZnO	0,119	0,193	0,233	0,157	0,164	0,142	0,349	0,043	0,286	0,299
Total	99,380	99,861	100,181	98,635	100,326	98,669	99,810	98,823	100,970	99,859
Si	0,008	0,008	0,008	0,017	0,003	0,078	0,003	0,007	0,006	0,008
Ti	0,098	0,139	0,104	0,142	0,099	0,141	0,105	0,134	0,104	0,101
Al	5,125	1,168	5,627	0,995	5,719	1,072	5,580	1,091	5,619	5,558
V	0,016	0,041	0,037	0,057	0,034	0,023	0,050	0,021	0,048	0,043
Cr	9,365	9,236	9,073	9,524	9,034	9,510	9,153	9,155	9,071	9,202
Fe ³⁺	1,283	5,239	1,024	5,107	0,989	5,004	0,971	5,434	1,020	0,953
Mg	3,403	0,357	2,299	0,342	2,742	0,179	1,406	0,368	1,596	1,525
Mn	0,063	0,231	0,179	0,247	0,147	0,260	0,222	0,250	0,185	0,199
Fe ²⁺	4,616	7,513	5,592	7,509	5,179	7,336	6,434	7,490	6,282	6,333
Co	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,000	0,034	0,017	0,023	0,028	0,039	0,021	0,050	0,019	0,027
Zn	0,023	0,042	0,045	0,035	0,031	0,031	0,069	0,010	0,056	0,059
Total	24,000	24,008	24,005	23,998	24,005	23,973	24,014	24,010	24,006	24,008
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,28	0,70	0,18	0,68	0,19	0,68	0,15	0,73	0,16	0,15
Cr/(Cr+Al)	64,63	88,77	61,72	90,54	61,24	89,87	62,13	89,35	61,75	62,34
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	42,44	4,54	29,13	4,36	34,62	6,13	17,93	4,68	20,26	19,41
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	8,13	33,49	6,51	32,68	6,28	32,11	6,18	34,66	6,49	6,07
Cr / (Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	1,59	0,72	1,37	0,75	1,46	0,77	1,24	0,71	1,24	1,26

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Déchantillons	Polité	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	VO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)											
	5a2	Chr SII	Bordure	0,014	0,512	17,544	0,249	43,280	5,159	4,101	0,751	27,992	n.a.	0,206	0,407	100,223	0,004	0,103	5,519	0,053	9,139	1,036	1,632	0,170	6,248	n.a.	0,044	0,080	24,022	0,17	62,33	61,70	91,81	63,25	69,44	33,33	99,56	91,28	99,85	94,51	0,89				
97-MH-7485	5b	Chr SII	Cœur	0,020	0,530	18,398	0,154	44,179	4,911	6,966	0,701	23,883	n.a.	0,154	0,227	100,133	0,005	0,104	5,653	0,028	9,107	0,964	2,707	0,155	5,207	n.a.	0,044	0,044	24,010	0,19	61,70	34,21	6,13	35,57	6,22	99,77	99,87	99,85	87,44	39,98	91,28	99,85	94,51	0,89	
97-MH-7485	6a	Chr SII	Bordure	0,037	0,478	16,996	0,256	43,607	4,804	3,039	0,784	29,398	n.a.	0,096	0,427	99,937	0,010	0,097	5,410	0,055	9,312	0,977	1,224	0,179	6,641	n.a.	0,021	0,085	24,011	0,15	63,25	15,56	15,56	35,57	6,22	99,77	99,87	99,85	87,44	39,98	91,28	99,85	94,51	0,89	
97-MH-7485	6b	Chr SII	Cœur	0,032	0,041	0,029	0,114	0,100	67,965	0,041	0,045	30,632	n.a.	0,029	0,000	99,010	0,010	0,010	0,011	0,029	0,025	15,908	15,889	0,019	0,004	7,968	n.a.	0,007	0,000	23,991	2,00	69,44	0,24	0,24	35,57	6,22	99,77	99,87	99,85	87,44	39,98	91,28	99,85	94,51	0,89
98-MH-7490-A	1	Px à MG	Cœur	0,041	0,070	0,038	0,216	0,029	68,001	0,124	0,045	30,495	n.a.	0,024	0,000	99,087	0,013	0,016	0,014	0,054	0,007	15,889	14,114	0,057	0,012	7,919	n.a.	0,006	0,000	23,987	2,01	69,44	0,24	0,24	35,57	6,22	99,77	99,87	99,85	87,44	39,98	91,28	99,85	94,51	0,89
97-MH-7490-A	2	Px à MG	Cœur	0,041	0,070	0,038	0,216	0,029	68,001	0,124	0,045	30,495	n.a.	0,024	0,000	99,087	0,013	0,016	0,014	0,054	0,007	15,889	14,114	0,057	0,012	7,919	n.a.	0,006	0,000	23,987	2,01	69,44	0,24	0,24	35,57	6,22	99,77	99,87	99,85	87,44	39,98	91,28	99,85	94,51	0,89
97-MH-7499	1a	Webst OI	Bordure	0,059	0,017	2,363	0,071	7,499	61,393	0,26	0,15	31,149	n.a.	0,179	0,050	100,485	0,018	0,004	0,008	0,017	0,007	1,811	6,334	0,242	0,188	7,958	n.a.	0,044	0,011	24,001	2,01	69,44	0,24	0,24	35,57	6,22	99,77	99,87	99,85	87,44	39,98	91,28	99,85	94,51	0,89
97-MH-7499	1b	Webst OI	Cœur	0,007	0,207	2,363	0,132	28,289	28,289	0,545	0,746	30,474	n.a.	0,058	0,290	100,009	0,002	0,046	0,829	0,022	8,678	6,334	0,242	0,188	7,958	n.a.	0,014	0,064	24,012	0,84	91,28	3,09	3,09	39,98	6,22	99,85	91,28	99,85	94,51	0,89					
97-MH-7499	2a	Webst OI	Bordure	0,014	0,044	0,008	0,064	8,197	60,066	0,066	0,138	30,727	n.a.	0,121	0,000	99,465	0,004	0,010	0,003	0,016	1,999	13,943	0,030	0,036	7,927	n.a.	0,030	0,000	23,998	1,76	91,28	3,09	3,09	39,98	6,22	99,85	91,28	99,85	94,51	0,89					
97-MH-7499	2b	Webst OI	Bordure	0,014	0,044	0,008	0,064	8,197	60,066	0,066	0,138	30,727	n.a.	0,121	0,000	99,465	0,004	0,010	0,003	0,016	1,999	13,943	0,030	0,036	7,927	n.a.	0,030	0,000	23,998	1,76	91,28	3,09	3,09	39,98	6,22	99,85	91,28	99,85	94,51	0,89					

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499
Point	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5b	5c	6a
Lithologie	Webst OI	Webst OI	Webst OI	Webst OI	Webst OI	Webst OI	Webst OI	Webst OI	Webst OI	Webst OI
Chromite	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Intermédiaire	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,024	0,944	0,021	0,011	0,058	0,022	0,032	0,022	0,020	0,043
TiO ₂	1,473	0,073	0,303	0,660	0,114	0,232	1,194	0,212	0,458	0,011
Al ₂ O ₃	16,048	0,105	1,922	17,376	0,056	0,245	15,425	2,007	15,264	0,006
V ₂ O ₅	0,337	0,072	0,086	0,224	0,152	0,118	0,290	0,107	0,283	0,064
Cr ₂ O ₃	41,248	12,488	37,106	40,426	27,528	36,359	41,972	38,228	41,135	6,768
Fe ₂ O ₃	5,319	55,532	28,428	6,024	39,422	30,563	6,404	27,258	8,518	61,299
MgO	2,386	1,062	0,507	2,395	0,136	0,336	2,248	0,554	2,026	0,062
MnO	0,666	0,133	0,789	0,664	0,541	0,850	0,747	0,668	0,838	0,011
FeO	30,920	29,064	30,526	30,307	30,202	30,067	30,973	30,466	30,397	30,681
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,138	0,123	0,115	0,073	0,125	0,134	0,077	0,109	0,074	0,128
ZnO	0,552	0,060	0,239	0,844	0,180	0,215	0,676	0,230	0,757	0,003
Total	99,125	99,656	100,050	99,017	98,524	99,155	100,041	99,877	99,772	99,092
Si	0,007	0,285	0,006	0,003	0,018	0,007	0,009	0,007	0,006	0,013
Ti	0,304	0,017	0,068	0,136	0,026	0,053	0,246	0,048	0,095	0,003
Al	5,196	0,037	0,676	5,605	0,020	0,088	4,975	0,706	4,953	0,002
V	0,074	0,017	0,020	0,049	0,037	0,029	0,064	0,026	0,063	0,016
Cr	8,960	2,983	8,747	8,748	6,705	8,741	9,081	9,015	8,954	1,658
Fe ³⁺	1,100	12,627	6,378	1,241	9,139	6,993	1,319	6,118	1,765	14,291
Mg	0,977	0,478	0,225	0,977	0,062	0,153	0,917	0,246	0,832	0,029
Mn	0,155	0,034	0,199	0,154	0,141	0,219	0,173	0,169	0,195	0,003
Fe ²⁺	7,104	7,344	7,612	6,937	7,781	7,646	7,089	7,599	6,999	7,949
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,030	0,030	0,028	0,016	0,031	0,033	0,017	0,026	0,016	0,032
Zn	0,112	0,013	0,053	0,171	0,041	0,048	0,137	0,051	0,154	0,001
Total	24,019	23,865	24,012	24,037	24,001	24,010	24,027	24,011	24,032	23,997
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,15	1,72	0,84	0,18	1,17	0,91	0,19	0,81	0,25	1,80
Cr / (Cr+Al)	63,29	98,77	92,83	60,95	99,70	99,00	64,61	92,74	64,38	99,88
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	12,09	6,11	2,87	12,35	0,79	1,96	11,45	3,14	10,62	0,36
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	7,21	80,70	40,36	7,96	57,61	44,20	8,58	38,63	11,26	89,59
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,09	0,15	0,63	1,07	0,40	0,60	1,08	0,66	1,02	0,07

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	VO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CaO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ²⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ²⁺ /Fe ³⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)
97-MH-7499	6b	Weber 01	Cœur	0,24	0,188	1,440	0,057	37,798	28,475	0,503	0,748	30,376	n.a.	0,080	0,262	99,956	0,007	0,042	0,508	0,014	7,548	6,411	0,224	0,190	n.a.	0,019	0,007	24,010	0,84	94,62	2,86	40,42	0,64	0,49
97-MH-7501	1a	Chr SII	Bordure	0,038	0,270	0,550	0,099	31,857	35,779	1,095	0,423	29,649	n.a.	0,291	0,033	100,087	0,012	0,061	0,194	0,024	9,652	8,068	0,489	0,107	n.a.	0,070	0,007	24,010	1,09	97,49	6,18	51,03	0,49	0,49
97-MH-7501	1b	Chr SII	Cœur	0,038	0,334	17,758	0,171	47,695	4,155	9,868	0,394	19,543	n.a.	0,144	0,163	100,245	0,010	0,064	5,357	0,035	9,751	0,783	3,633	0,085	n.a.	0,030	0,014	23,996	0,18	64,31	47,37	5,06	1,94	1,94
97-MH-7501	2	Chr SII	Cœur	0,081	0,320	17,391	0,217	47,910	29,871	1,254	0,588	20,043	n.a.	0,116	0,075	99,712	0,024	0,064	5,276	0,040	9,737	6,710	3,633	0,086	n.a.	0,024	0,014	23,996	0,18	64,31	47,37	5,06	1,94	1,94
97-MH-7501	4a	Chr SII	Bordure	0,041	0,295	17,210	0,154	46,611	36,538	5,981	0,632	29,284	n.a.	0,222	0,049	99,712	0,024	0,059	5,359	0,052	8,624	6,710	3,633	0,086	n.a.	0,024	0,014	23,996	0,13	95,43	45,71	4,95	1,91	1,91
97-MH-7501	4b	Chr SII	Cœur	0,019	0,307	17,633	0,200	46,970	3,683	5,981	0,632	25,046	n.a.	0,032	0,150	99,845	0,011	0,059	5,359	0,033	9,737	6,710	3,633	0,086	n.a.	0,007	0,011	24,001	0,20	95,43	45,71	4,95	1,91	1,91
97-MH-7501	5	Chr SII	Cœur	0,019	0,307	17,633	0,200	46,970	4,713	8,431	0,583	21,681	n.a.	0,112	0,198	100,852	0,005	0,059	5,347	0,041	9,737	6,710	3,234	0,127	n.a.	0,023	0,011	24,007	0,20	64,12	49,94	4,62	1,55	1,55
97-MH-7501	6	Chr SII	Cœur	0,053	0,336	17,434	0,068	47,281	4,220	8,278	0,563	21,811	n.a.	0,113	0,130	100,296	0,014	0,065	5,319	0,014	9,678	6,822	3,195	0,123	n.a.	0,024	0,025	24,001	0,17	64,53	40,36	5,20	1,75	1,75
97-MH-7501	7a	Chr SII	Bordure	0,120	0,274	0,636	0,099	31,733	35,371	1,179	0,415	29,333	n.a.	0,315	0,056	99,533	0,036	0,062	0,226	0,024	7,546	8,006	0,528	0,106	n.a.	0,076	0,013	24,001	1,09	97,09	6,68	50,74	0,49	0,49
97-MH-7501	7b	Chr SII	Cœur	0,022	0,315	17,155	0,094	46,896	4,366	7,812	0,437	22,418	n.a.	0,104	0,183	99,810	0,006	0,062	5,282	0,020	9,686	6,822	3,042	0,097	n.a.	0,022	0,035	24,008	0,18	64,71	38,31	5,42	1,68	1,68

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	
Forme	1a	1b	1c	2a	2b	3a	3b	3c	4a	4b	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	
Chromite	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	Harzb	
SiO ₂	0,016	0,006	0,012	0,025	0,014	0,013	0,013	0,005	0,019	0,020											
TiO ₂	0,176	0,944	0,667	0,990	1,232	0,089	0,927	1,728	0,176	1,051											
Al ₂ O ₃	0,000	0,678	0,057	0,869	13,869	0,000	0,839	13,984	0,010	0,095											
V ₂ O ₅	0,130	0,129	0,304	0,117	0,385	0,066	0,161	0,371	0,084	0,136											
Cr ₂ O ₃	13,553	36,168	38,933	28,542	39,988	7,547	35,818	38,637	17,682	35,701											
Fe ₂ O ₃	54,890	29,781	11,937	38,897	10,371	61,109	29,584	9,733	50,651	30,285											
MgO	0,089	0,498	1,661	0,208	1,965	0,009	0,494	1,896	0,056	0,433											
MnO	0,085	0,419	0,981	0,259	0,955	0,002	0,402	0,941	0,235	0,337											
FeO	31,174	31,358	31,945	31,072	31,412	31,203	31,211	31,879	31,086	31,346											
CoO	0,213	0,171	0,135	0,166	0,125	0,201	0,207	0,137	0,192	0,189											
NiO	0,114	0,121	0,026	0,060	0,086	0,194	0,082	0,021	0,078	0,152											
ZnO	0,053	0,341	0,624	0,169	0,575	0,206	0,734	0,280	0,257	0,002											
Total	100,493	100,614	99,818	99,889	99,788	100,452	99,944	99,466	100,449	100,002											
Si	0,005	0,002	0,003	0,007	0,004	0,004	0,004	0,002	0,006	0,006											
Ti	0,040	0,212	0,140	0,089	0,257	0,021	0,209	0,361	0,040	0,238											
Al	0,000	0,239	0,202	0,202	4,533	0,000	0,297	4,585	0,004	0,034											
V	0,032	0,031	0,068	0,029	0,086	0,016	0,039	0,083	0,021	0,033											
Cr	3,264	8,544	8,563	6,854	8,636	1,825	8,506	8,498	4,231	8,514											
Fe ³⁺	12,581	6,696	2,499	8,876	2,164	14,067	6,687	2,037	11,600	6,874											
Mg	0,040	0,222	0,689	0,094	0,812	0,004	0,221	0,786	0,025	0,195											
Mn	0,022	0,106	0,090	0,067	0,083	0,000	0,102	0,080	0,061	0,086											
Fe ²⁺	7,941	7,835	7,293	7,892	7,285	7,982	7,840	7,912	7,907	7,907											
Co	0,052	0,041	0,030	0,040	0,028	0,049	0,050	0,031	0,047	0,046											
Ni	0,028	0,029	0,006	0,015	0,019	0,048	0,020	0,005	0,019	0,037											
Zn	0,012	0,075	0,128	0,038	0,118	0,004	0,046	0,151	0,063	0,057											
Total	24,017	24,032	24,031	24,017	24,028	24,020	24,021	24,036	24,029	24,027											
Fe ²⁺ /Fe ³⁺	1,58	0,85	0,34	1,12	0,30	1,76	0,85	0,27	1,47	0,87											
Cr/(Cr+Al)	100,00	97,28	65,44	99,71	65,58	100,00	96,63	64,95	99,91	99,60											
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0,50	2,76	8,63	1,18	10,03	0,05	2,74	9,58	0,31	2,41											
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	79,40	43,26	16,04	56,36	14,11	88,52	43,17	13,47	73,26	44,57											
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,16	0,59	0,87	0,41	0,91	0,08	0,59	0,90	0,22	0,58											

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1
Point	1	2	3	4a	4b	5	6	7a	7b	8a
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure
SiO ₂	0,016	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000
TiO ₂	0,302	0,351	0,288	0,286	0,283	0,319	0,311	0,146	0,335	0,135
Al ₂ O ₃	15,535	15,407	15,515	15,576	15,543	15,528	15,453	10,875	15,394	11,587
V ₂ O ₃	0,181	0,143	0,125	0,191	0,180	0,162	0,210	0,131	0,166	0,176
Cr ₂ O ₃	47,304	46,620	46,678	46,947	47,215	47,178	47,589	53,837	46,938	53,046
Fe ₂ O ₃	5,004	5,376	5,409	5,320	5,170	4,948	5,208	3,280	5,504	3,417
MgO	6,019	5,919	5,985	5,930	6,072	5,969	6,027	4,709	5,901	4,989
MnO	0,323	0,346	0,349	0,378	0,395	0,365	0,339	0,410	0,328	0,356
FeO	25,045	25,041	24,927	25,122	24,882	25,035	25,199	26,042	25,261	25,766
CoO	0,081	0,116	0,096	0,130	0,090	0,092	0,105	0,139	0,107	0,101
NiO	0,000	0,035	0,000	0,023	0,004	0,014	0,000	0,041	0,000	0,033
ZnO	0,000	0,000	0,048	0,109	0,058	0,037	0,000	0,104	0,000	0,038
Total	99,810	99,354	99,420	100,016	99,895	99,647	100,446	99,714	99,934	99,644
Si	0,004	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Ti	0,060	0,071	0,058	0,057	0,057	0,064	0,062	0,030	0,067	0,028
Al	4,875	4,864	4,890	4,885	4,874	4,884	4,825	3,520	4,835	3,732
V	0,039	0,031	0,027	0,041	0,038	0,035	0,045	0,029	0,035	0,039
Cr	9,959	9,872	9,870	9,877	9,932	9,954	9,967	11,690	9,890	11,462
Fe ³⁺	1,003	1,083	1,089	1,065	1,035	0,994	1,038	0,678	1,104	0,703
Mg	2,389	2,364	2,386	2,352	2,408	2,374	2,380	1,928	2,344	2,032
Mn	0,073	0,078	0,079	0,085	0,089	0,082	0,076	0,095	0,074	0,082
Fe ²⁺	5,577	5,609	5,575	5,590	5,537	5,587	5,583	5,981	5,630	5,889
Co	0,017	0,025	0,021	0,028	0,019	0,020	0,022	0,031	0,023	0,022
Ni	0,000	0,008	0,000	0,005	0,001	0,003	0,000	0,009	0,000	0,007
Zn	0,000	0,000	0,010	0,022	0,011	0,007	0,000	0,021	0,000	0,008
Total	23,996	24,005	24,005	24,008	24,002	24,004	23,999	24,012	24,002	24,004
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	0,18	0,19	0,20	0,19	0,19	0,18	0,19	0,11	0,20	0,12
Cr / (Cr+Al)	67,14	66,99	66,87	66,91	67,08	67,08	67,38	76,86	67,16	75,44
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	29,99	29,65	29,97	29,61	30,31	29,82	29,89	24,38	29,40	25,65
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	6,33	6,85	6,87	6,73	6,53	6,28	6,56	4,27	6,97	4,42
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,51	1,48	1,48	1,48	1,51	1,51	1,51	1,76	1,47	1,74

Tableau C.2 Composition des chromatites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2
Pgmt	8B	1	2a	2b	3	4	5	6a	6b	6c			
Lithologie	Chr SII	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr			
Chromite	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Cœur	Cœur	Cœur	Bordure	Intermédiaire	Cœur			
SiO ₂	0,010	0,013	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	1,893	0,000	0,002			
TiO ₂	0,353	0,344	0,085	0,328	0,309	0,298	0,318	0,335	0,265	0,333			
Al ₂ O ₃	15,493	15,529	12,142	15,399	15,622	15,462	15,624	3,261	3,115	15,493			
VO ₂	0,210	0,107	0,206	0,125	0,122	0,173	0,144	0,218	0,238	0,144			
Cr ₂ O ₃	47,285	47,486	54,351	47,655	47,988	47,704	47,634	55,975	59,253	47,651			
Fe ₂ O ₃	5,233	5,248	2,341	4,994	5,174	5,276	5,202	9,679	6,123	4,909			
MgO	6,048	6,872	5,953	6,412	7,250	6,732	6,849	5,619	3,380	6,756			
MnO	0,390	0,364	0,411	0,407	0,394	0,324	0,427	0,496	0,575	0,380			
FeO	25,082	23,751	24,426	24,373	23,253	24,027	23,796	23,194	26,827	23,821			
CoO	0,098	0,053	0,098	0,107	0,098	0,068	0,091	0,079	0,149	0,073			
NiO	0,007	0,000	0,021	0,008	0,014	0,000	0,000	0,098	0,039	0,074			
ZnO	0,000	0,000	0,075	0,116	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,000			
Total	100,209	99,767	100,109	99,931	100,224	100,064	100,085	100,847	100,013	99,636			
Si	0,003	0,003	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,522	0,000	0,001			
Ti	0,071	0,069	0,017	0,066	0,061	0,059	0,063	0,069	0,057	0,066			
Al	4,846	4,847	3,856	4,820	4,843	4,820	4,862	1,060	1,053	4,847			
V	0,045	0,023	0,045	0,027	0,026	0,037	0,031	0,048	0,055	0,031			
Cr	9,921	9,944	11,581	10,006	9,980	9,976	9,945	12,213	13,442	10,000			
Fe ³⁺	1,045	1,046	0,475	0,998	1,024	1,050	1,034	2,010	1,322	0,981			
Mg	2,393	2,713	2,392	2,538	2,843	2,654	2,696	2,312	1,446	2,673			
Mn	0,088	0,082	0,094	0,092	0,088	0,073	0,095	0,116	0,140	0,086			
Fe ²⁺	5,566	5,261	5,505	5,413	5,115	5,315	5,255	5,353	6,438	5,288			
Co	0,021	0,011	0,021	0,023	0,021	0,014	0,019	0,018	0,034	0,015			
Ni	0,002	0,000	0,004	0,002	0,003	0,000	0,000	0,022	0,009	0,016			
Zn	0,000	0,000	0,015	0,023	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000			
Total	24,001	23,999	24,005	24,010	24,004	23,998	24,000	23,743	24,006	24,004			
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,19	0,20	0,09	0,18	0,20	0,20	0,20	0,38	0,21	0,19			
Cr/(Cr+Al)	67,18	67,23	75,02	67,49	67,33	67,42	67,16	92,01	92,74	67,35			
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	30,07	34,02	30,29	31,92	35,73	33,30	33,91	30,16	18,34	33,58			
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Al+Cr)	6,61	6,60	2,99	6,31	6,46	6,63	6,53	13,15	8,36	6,20			
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,50	1,58	1,94	1,56	1,63	1,57	1,58	1,66	1,73	1,60			

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A
Point	2	3	1a	1b	4a	4b	5a	5b	6a	6b
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Chromite	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
SiO ₂	0,029	0,000	0,012	0,011	0,016	0,000	0,028	0,003	0,065	0,000
TiO ₂	0,211	0,152	0,243	0,327	0,264	0,274	0,387	0,284	0,348	0,327
Al ₂ O ₃	1,001	9,789	8,027	16,871	6,782	16,791	4,173	16,553	7,500	16,553
V ₂ O ₃	0,175	0,152	0,141	0,091	0,194	0,117	0,241	0,139	0,209	0,092
Cr ₂ O ₃	61,311	52,690	52,877	45,682	53,219	45,636	54,047	45,921	49,868	44,961
Fe ₂ O ₃	5,113	4,803	5,134	4,300	7,084	4,194	8,564	4,317	8,334	4,576
MgO	1,490	2,800	2,451	4,258	2,192	4,062	1,752	3,973	2,089	4,130
MnO	0,707	0,545	0,667	0,583	0,663	0,434	0,644	0,482	0,592	0,560
FeO	28,997	28,695	28,803	27,822	29,018	28,103	29,262	27,970	28,908	27,636
CoO	0,140	0,140	0,108	0,103	0,146	0,137	0,141	0,116	0,145	0,110
NiO	0,000	0,051	0,032	0,000	0,026	0,055	0,051	0,011	0,032	0,005
ZnO	0,007	0,022	0,063	0,110	0,109	0,132	0,000	0,095	0,140	0,086
Total	99,181	99,839	99,558	100,158	99,713	99,935	99,290	99,264	98,230	99,036
Si	0,009	0,000	0,003	0,003	0,004	0,000	0,008	0,001	0,019	0,000
Ti	0,047	0,032	0,052	0,066	0,057	0,055	0,085	0,058	0,076	0,067
Al	0,349	3,226	2,683	5,313	2,282	5,309	1,433	5,273	2,554	5,279
V	0,042	0,034	0,032	0,020	0,044	0,025	0,056	0,030	0,049	0,020
Cr	14,359	11,650	11,855	9,651	12,014	9,681	12,448	9,686	11,392	9,620
Fe ³⁺	1,140	1,011	1,309	0,865	1,522	0,847	1,877	0,878	1,812	0,932
Mg	0,658	1,167	1,036	1,696	0,933	1,625	0,761	1,601	0,900	1,666
Mn	0,177	0,129	0,160	0,132	0,160	0,099	0,159	0,110	0,145	0,128
Fe ²⁺	7,183	6,711	6,831	6,218	6,929	6,306	7,129	6,323	6,985	6,254
Co	0,033	0,031	0,025	0,022	0,033	0,030	0,033	0,025	0,034	0,024
Ni	0,000	0,011	0,007	0,000	0,006	0,012	0,012	0,002	0,008	0,001
Zn	0,001	0,005	0,013	0,022	0,023	0,026	0,000	0,019	0,030	0,017
Total	23,998	24,007	24,006	24,008	24,007	24,015	24,001	24,006	24,004	24,008
Fe ³⁺ /Fe ²⁺	0,16	0,15	0,19	0,14	0,22	0,13	0,26	0,14	0,26	0,15
Cr/(Cr+Al)	97,63	78,31	81,54	64,49	84,04	64,58	89,68	64,75	81,69	64,57
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	8,39	14,81	13,17	21,43	11,87	20,49	9,65	20,20	11,41	21,04
Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	7,19	6,36	8,26	5,46	9,62	5,35	11,91	5,54	11,50	5,89
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	1,73	1,51	1,46	1,36	1,42	1,35	1,38	1,35	1,29	1,34

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Behaviours	Point	Lithologie	Chromite	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	FeO	CoO	NiO	ZnO	Total	Si	Ti	Al	V	Cr	Fe ³⁺	Mg	Mn	Fe ²⁺	Co	Ni	Zn	Total	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	Cr/(Cr+Al)	Mg/(Mg+Fe ²⁺)	Fe ³⁺ /(Fe ³⁺ +Al+Cr)	Cr/(Fe ³⁺ +Fe ²⁺)	
	1	Px à MG	Cœur	0,055	0,324	0,071	0,291	0,222	67,070	0,065	0,039	30,746	n.a.	0,20	0,084	99,005	0,017	0,076	0,018	0,053	0,051	15,736	0,030	0,010	0,013	7,990	n.a.	0,005	0,019	23,987	1,96	67,90	0,37	99,49	0,00
	2	Px à MG	Cœur	0,019	0,310	0,050	0,213	0,208	67,186	0,036	0,039	30,814	n.a.	0,022	0,000	98,898	0,006	0,073	0,018	0,053	0,051	15,736	0,017	0,010	0,013	8,021	n.a.	0,006	0,000	23,991	1,96	73,91	0,21	99,56	0,00
	1a	Chr SII	Bordure	0,047	0,866	18,467	0,192	37,497	25,924	0,529	0,779	30,806	n.a.	0,089	0,358	99,353	0,014	0,195	0,797	0,046	8,874	5,839	0,236	0,198	0,136	7,027	n.a.	0,021	0,079	24,011	0,76	91,76	2,97	37,65	0,65
	1b	Chr SII	Cœur	0,000	0,550	18,467	0,204	40,889	4,898	2,205	0,591	31,005	n.a.	0,052	0,768	99,641	0,000	0,112	5,898	0,044	8,761	0,999	0,891	0,198	0,136	7,027	n.a.	0,011	0,154	24,033	0,14	59,77	11,25	6,38	1,09
	2a	Chr SII	Bordure	0,021	0,863	2,915	0,189	38,088	5,475	0,442	1,063	30,577	n.a.	0,067	0,214	98,853	0,006	0,195	0,820	0,046	9,056	5,661	0,990	0,198	0,136	7,690	n.a.	0,016	0,048	24,007	0,74	91,70	2,51	36,44	0,68
	2b	Chr SII	Cœur	0,000	0,836	18,247	0,185	40,926	5,475	2,462	0,795	30,522	n.a.	0,076	0,631	99,987	0,007	0,188	5,804	0,040	8,733	5,957	0,990	0,198	0,136	7,699	n.a.	0,029	0,126	24,030	0,16	60,07	12,57	7,11	1,09
	3a	Chr SII	Bordure	0,008	0,603	17,794	0,257	37,406	26,402	0,507	0,874	30,705	n.a.	0,109	0,237	99,331	0,002	0,123	5,706	0,062	8,867	5,957	0,227	0,174	0,222	7,699	n.a.	0,018	0,052	24,010	0,77	92,51	2,86	38,33	0,65
	3b	Chr SII	Cœur	0,007	0,603	17,794	0,307	40,790	5,517	2,020	0,756	31,020	n.a.	0,120	0,776	99,708	0,002	0,164	5,706	0,067	8,775	5,823	0,235	0,174	0,222	7,699	n.a.	0,024	0,052	24,034	0,16	60,60	10,40	7,24	1,07
	4a	Chr SII	Bordure	0,007	0,731	2,608	0,125	37,468	25,885	0,528	0,773	30,785	n.a.	0,120	0,282	99,327	0,002	0,164	5,919	0,030	8,856	5,823	0,235	0,196	0,222	7,697	n.a.	0,029	0,062	24,013	0,76	90,60	2,96	37,33	0,66
	4b	Chr SII	Cœur	0,033	0,439	18,724	0,226	41,028	5,041	2,213	0,680	31,013	n.a.	0,060	0,740	100,202	0,009	0,089	5,941	0,049	8,733	1,021	0,888	0,155	6,983	n.a.	0,013	0,147	24,028	0,15	59,51	11,28	6,51	1,09	

Tableau C.2 Composition des chromites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	98-MH-4055	98-MH-4055	98-MH-4089	98-MH-4089	98-MH-4089	98-MH-4089	98-MH-4089	98-MH-4089	98-MH-4089	98-MH-4089
Point	1	2	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b
Lithologie	Du (Sch)	Du (Sch)	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr	Chr
Chromite	Cœur	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur	Bordure	Cœur
SiO ₂	0,016	0,018	0,013	0,050	0,023	0,032	0,025	0,027	0,023	0,074
TiO ₂	0,015	0,021	0,097	0,358	0,062	0,371	0,097	0,366	0,124	0,393
Al ₂ O ₃	0,004	0,024	16,257	20,635	17,234	20,741	13,870	20,559	17,729	21,989
V ₂ O ₅	0,026	0,065	0,131	0,229	0,176	0,143	0,212	0,162	0,292	0,246
Cr ₂ O ₃	0,008	0,056	49,444	42,933	48,583	42,828	51,473	42,853	47,990	43,445
Fe ₂ O ₃	67,883	68,398	3,368	4,520	3,360	4,745	2,885	4,823	2,568	2,434
MgO	0,006	0,017	6,551	7,536	6,805	7,735	5,785	7,644	6,978	8,370
MnO	0,000	0,003	0,450	0,543	0,475	0,378	0,508	0,434	0,467	0,371
FeO	30,565	30,820	24,385	23,529	24,120	23,491	24,750	23,507	23,645	22,536
CoO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
NiO	0,111	0,187	0,012	0,126	0,068	0,077	0,064	0,110	0,096	0,087
ZnO	0,038	0,000	0,302	0,366	0,241	0,358	0,225	0,357	0,310	0,214
Total	98,672	99,609	101,013	100,828	101,158	100,902	99,896	100,852	100,229	100,168
Si	0,005	0,006	0,003	0,013	0,006	0,008	0,007	0,007	0,006	0,019
Ti	0,004	0,005	0,019	0,069	0,012	0,071	0,020	0,070	0,024	0,075
Al	0,001	0,009	5,014	6,218	5,276	6,236	4,387	6,193	5,453	6,579
V	0,007	0,016	0,027	0,047	0,037	0,029	0,046	0,033	0,061	0,050
Cr	0,002	0,014	10,230	8,679	9,978	8,638	10,921	8,660	9,902	8,720
Fe ³⁺	15,959	15,927	0,663	0,870	0,657	0,911	0,583	0,928	0,504	0,465
Mg	0,003	0,008	2,555	2,872	2,635	2,942	2,314	2,913	2,714	3,168
Mn	0,000	0,001	0,100	0,117	0,105	0,082	0,115	0,094	0,103	0,080
Fe ²⁺	7,986	7,976	5,337	5,031	5,240	5,012	5,554	5,025	5,160	4,784
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ni	0,028	0,047	0,003	0,026	0,014	0,016	0,014	0,023	0,020	0,018
Zn	0,009	0,000	0,058	0,069	0,046	0,067	0,044	0,067	0,060	0,040
Total	24,004	24,009	24,009	24,011	24,006	24,012	24,005	24,013	24,007	23,998
Fe ³⁺ / Fe ²⁺	2,00	2,00	0,12	0,17	0,13	0,18	0,10	0,18	0,10	0,10
Cr / (Cr+Al)	66,67	60,87	67,11	58,26	65,41	58,07	71,34	58,30	64,49	57,00
Mg / (Mg+Fe ²⁺)	0,04	0,10	32,37	36,34	33,46	36,99	29,41	36,70	34,47	39,84
Fe ³⁺ / (Fe ³⁺ +Al+Cr)	99,98	99,86	4,17	5,52	4,13	5,77	3,67	5,88	3,18	2,95
Cr / (Fe ²⁺ +Fe ³⁺)	0,00	0,00	1,71	1,47	1,69	1,46	1,78	1,45	1,75	1,66

ANNEXE C.3

ANALYSES DES SERPENTINES

Tableau C.3 Composition des serpentes analysées à la microsonde électronique(suite).

Échantillons	Point	Lithologie	Minéral (pseudo)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	H ₂ O	Total	Si	Ti	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe	Total	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg#	C#
97-JC-5639-B	1	Filon SF	Inconnu	46,335	0,000	1,304	0,021	34,362	0,046	0,007	4,810	0,398	12,903	100,186	2,153	0,000	0,072	0,001	2,381	0,002	0,000	0,187	4,811	0,000	0,072	92,72	1,04
97-JC-5113-B	1	Chr SII	Inconnu	43,733	0,024	1,095	0,140	40,047	0,000	0,016	2,600	0,140	12,988	100,783	2,019	0,001	0,044	0,000	2,757	0,000	0,001	0,101	4,947	0,000	0,060	96,48	7,75
97-JC-5113-B	2	Chr SII	Inconnu	44,844	0,018	0,176	0,000	40,424	0,002	0,052	2,222	0,079	13,005	100,831	2,061	0,000	0,010	0,000	2,770	0,000	0,001	0,086	4,933	0,000	0,044	96,62	0,00
97-JC-5113-B	3	Chr SII	Inconnu	43,396	0,015	1,210	0,057	38,764	0,008	0,065	4,576	0,101	12,917	101,109	2,015	0,001	0,066	0,002	2,683	0,001	0,003	0,178	4,951	0,000	0,066	97,01	15,56
97-JC-5557-A	1	Du à chro	Inconnu	43,008	0,014	1,196	0,180	38,038	0,015	0,051	4,775	0,084	12,781	100,142	2,018	0,001	0,066	0,007	2,661	0,001	0,002	0,187	4,945	0,000	0,066	93,42	2,93
97-JC-5557-A	2	Du à chro	Inconnu	42,713	0,015	1,609	0,370	37,202	0,017	0,055	5,661	0,206	12,778	100,626	2,005	0,001	0,089	0,014	2,603	0,001	0,002	0,222	4,944	0,000	0,089	92,13	9,28
97-JC-5557-B1	1	Chr SII	Inconnu	43,430	0,006	1,126	0,229	37,711	0,005	0,018	5,685	0,146	12,871	101,227	2,024	0,000	0,062	0,009	2,619	0,000	0,001	0,222	4,941	0,000	0,062	13,38	13,98
97-JC-5557-B1	2	Chr SII	Inconnu	43,104	0,021	1,473	0,201	37,515	0,005	0,051	5,672	0,130	12,842	101,014	2,013	0,001	0,081	0,008	2,612	0,000	0,002	0,222	4,942	0,000	0,081	92,20	12,10
97-JC-5557-B1	3	Chr SII	Inconnu	41,920	0,018	2,355	0,739	36,970	0,017	0,067	5,569	0,130	12,752	100,537	1,971	0,001	0,001	0,028	2,592	0,001	0,003	0,219	4,949	0,029	0,102	92,21	8,47
97-JC-5557-B1	5	Chr SII	Inconnu	41,920	0,018	2,355	0,739	36,970	0,017	0,067	5,569	0,130	12,752	100,537	1,971	0,001	0,001	0,028	2,592	0,001	0,003	0,219	4,949	0,029	0,102	92,21	17,41

Tableau C.3 Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique(suite).

Échantillons	97-JC-5557-B2	97-JC-5557-B3	97-JC-5557-C	97-JC-5557-C	97-MH-7371-18	97-MH-7371-19	97-MH-7371-19	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22	97-MH-7371-22
Point	1	1	1	2	1	1	2	2	3	4
Lithologie	Chr Sil	Harzb à chro	Harzb	Harzb	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Lherz à chro
Minéral (pseudo.)	inconnu	Ol	inconnu	inconnu	Ol	inconnu	inconnu	Ol	Ol	Ol
SiO ₂	40,578	40,833	42,772	42,362	43,433	40,953	40,563	40,977	41,271	40,570
TiO ₂	0,010	0,019	0,023	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	4,648	3,103	1,187	1,588	0,773	1,449	2,780	1,673	2,085	2,420
Cr ₂ O ₃	0,185	0,926	0,079	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MgO	36,727	35,972	36,243	36,162	41,632	40,408	39,996	41,300	40,073	40,845
CaO	0,014	0,045	0,008	0,021	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000
MnO	0,039	0,048	0,127	0,145	0,024	0,052	0,045	0,040	0,029	0,022
FeO	5,457	5,609	7,343	7,350	1,017	2,749	2,759	1,736	2,864	1,653
NiO	0,173	0,113	0,050	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂ O	12,774	12,574	12,687	12,669	12,950	12,597	12,680	12,676	12,712	12,654
Total	100,605	99,242	100,519	100,446	99,829	98,209	98,823	98,406	99,034	98,164
Si	1,905	1,948	2,022	2,005	2,011	1,950	1,918	1,939	1,947	1,923
Ti	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	0,257	0,175	0,066	0,089	0,042	0,081	0,155	0,093	0,116	0,135
Cr	0,007	0,035	0,003	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	2,570	2,558	2,554	2,552	2,874	2,868	2,820	2,913	2,818	2,886
Ca	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,002	0,002	0,005	0,006	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
Fe ²⁺	0,214	0,224	0,290	0,291	0,039	0,110	0,109	0,069	0,113	0,066
Ni	0,007	0,004	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	4,963	4,948	4,943	4,949	4,968	5,010	5,004	5,015	4,995	5,010
Al ^{IV}	0,095	0,053	0,000	0,000	0,000	0,051	0,082	0,062	0,053	0,077
Al ^{VI}	0,162	0,122	0,066	0,089	0,042	0,031	0,073	0,032	0,063	0,058
Mg#	92,31	91,96	89,79	89,76	98,65	96,32	96,28	97,69	96,14	97,78
Cr#	2,65	16,71	4,33	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau C.3 Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique(suite).

Échantillons	97-MH-7371-22	97-MH-7374-01	97-MH-7374-01	97-MH-7374-02	97-MH-7374-03	97-MH-7374-03	97-MH-7374-03	97-MH-7374-03	97-MH-7374-05	97-MH-7374-05
Point	5	2	3	1	1	2	3	4	1	2
Lithologie	Lherz à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Lherz à chro	Lherz à chro
Minéral (pseudo.)	Opx	Inconnu	Inconnu	Opx	Opx	Ol	Opx	Ol	Px	Ol
SiO ₂	40,823	43,234	42,478	43,490	42,390	37,709	43,225	42,672	42,950	43,087
TiO ₂	0,000	0,023	0,029	0,006	0,016	0,019	0,024	0,018	0,036	0,018
Al ₂ O ₃	1,238	0,836	1,560	0,813	2,087	1,607	1,177	1,374	1,618	1,390
Cr ₂ O ₃	0,000	0,102	0,337	0,097	0,543	0,264	0,097	0,111	0,522	0,168
MgO	42,058	37,409	36,679	38,512	36,851	35,622	37,113	37,224	37,612	37,843
CaO	0,017	0,011	0,011	0,016	0,009	3,681	0,012	0,017	0,014	0,011
MnO	0,026	0,074	0,065	0,014	0,066	0,081	0,077	0,063	0,000	0,076
FeO	1,353	5,821	6,674	4,378	6,372	5,379	6,479	6,401	6,066	5,839
NiO	0,000	0,072	0,109	0,140	0,098	0,106	0,077	0,100	0,126	0,113
H ₂ O	12,653	12,753	12,728	12,829	12,811	12,019	12,813	12,759	12,909	12,878
Total	98,168	100,335	100,670	100,295	101,243	96,487	101,094	100,739	101,853	101,423
Si	1,935	2,033	2,001	2,033	1,984	1,882	2,023	2,006	1,995	2,007
Ti	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Al	0,069	0,046	0,087	0,045	0,115	0,095	0,065	0,076	0,089	0,076
Cr	0,000	0,004	0,013	0,004	0,020	0,011	0,004	0,004	0,019	0,006
Mg	2,972	2,622	2,576	2,684	2,572	2,650	2,590	2,608	2,605	2,627
Ca	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,197	0,001	0,001	0,001	0,001
Mn	0,001	0,003	0,003	0,001	0,003	0,004	0,003	0,003	0,000	0,003
Fe ²⁺	0,054	0,229	0,263	0,171	0,250	0,225	0,254	0,252	0,236	0,228
Ni	0,000	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005	0,004
Total	5,031	4,941	4,948	4,943	4,948	5,066	4,942	4,954	4,950	4,952
Al ^{IV}	0,065	0,000	0,000	0,000	0,016	0,119	0,000	0,000	0,005	0,000
Al ^{VI}	0,004	0,046	0,087	0,045	0,099	-0,024	0,065	0,076	0,084	0,076
Mg#	98,23	91,97	90,74	94,00	91,16	92,19	91,08	91,21	91,70	92,03
Cr#	0,00	7,50	12,63	7,25	14,81	10,00	5,11	4,98	17,87	7,58

Tableau C.3 Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique(suite).

Échantillons	97-MH-7374-05	97-MH-7374-06	97-MH-7374-06	97-MH-7374-06	97-MH-7374-06	97-MH-7374-06	97-MH-7374-07	97-MH-7374-11	97-MH-7374-11	97-MH-7374-15
Point	3	1	2	3	4	5	2	2	5	2
Lithologie	Lherz à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Lherz à chro
Minéral (pseudo.)	Ol	Ol	Ol	Ol	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
SiO ₂	43,097	42,421	43,535	43,896	42,452	41,949	42,274	41,679	41,395	44,177
TiO ₂	0,012	0,025	0,016	0,016	0,036	0,002	0,000	0,034	0,012	0,007
Al ₂ O ₃	1,442	2,324	1,089	1,141	2,186	3,168	7,581	3,523	3,876	0,555
Cr ₂ O ₃	0,256	0,607	0,166	0,210	0,466	0,608	2,768	0,828	1,205	0,055
MgO	37,846	38,128	39,028	38,544	37,848	37,924	31,015	37,953	38,308	39,402
CaO	0,022	0,007	0,024	0,011	0,010	0,000	4,410	0,033	0,035	0,009
MnO	0,055	0,030	0,002	0,057	0,034	0,038	0,027	0,010	0,040	0,090
FeO	6,128	4,910	4,501	5,031	5,233	4,536	2,815	3,845	3,162	3,922
NiO	0,103	0,150	0,149	0,152	0,147	0,199	0,135	0,158	0,169	0,150
H ₂ O	12,916	12,919	12,962	13,015	12,879	12,916	13,256	12,903	12,952	12,990
Total	101,877	101,521	101,472	102,073	101,291	101,369	104,353	100,992	101,269	101,357
Si	2,001	1,969	2,014	2,023	1,977	1,948	1,913	1,937	1,917	2,039
Ti	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000
Al	0,079	0,127	0,059	0,062	0,120	0,173	0,404	0,193	0,212	0,030
Cr	0,010	0,022	0,006	0,008	0,017	0,022	0,099	0,031	0,044	0,002
Mg	2,620	2,638	2,692	2,648	2,627	2,625	2,092	2,630	2,644	2,712
Ca	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,214	0,002	0,002	0,001
Mn	0,002	0,001	0,000	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,004
Fe ²⁺	0,238	0,191	0,174	0,194	0,204	0,176	0,107	0,150	0,123	0,152
Ni	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006	0,008	0,005	0,006	0,006	0,006
Total	4,955	4,955	4,953	4,942	4,954	4,953	4,834	4,949	4,949	4,944
Al ^{IV}	0,000	0,031	0,000	0,000	0,023	0,052	0,087	0,063	0,083	0,000
Al ^{VI}	0,079	0,096	0,059	0,062	0,097	0,121	0,317	0,130	0,128	0,030
Mg#	91,67	93,27	93,92	93,18	92,80	93,72	95,16	94,62	95,57	94,71
Cr#	10,73	14,88	9,20	11,11	12,57	11,38	19,67	13,65	17,22	6,20

Tableau C.3 Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique(suite).

Echantillons	97-MH-7374-15	97-MH-7374-15	97-MH-7374-15	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18	97-MH-7374-18
Point	3	4	1	3	4	5	6	1	3	4			
Lithologie	Herz à chro	Herz à chro	Herz à chro	Herz à chro	Herz à chro	Herz à chro	Herz à chro	Herz à chro	Herz	Herz			
Minéral (pseudo)	lucennu	lucennu	Cpx	Cpx	Cpx	O1	Opx	Opx	lucennu	Opx			
SiO ₂	43,811	43,100	43,247	43,676	43,013	41,877	43,379	42,700	41,939	42,232			
TiO ₂	0,015	0,019	0,030	0,015	0,017	0,020	0,019	0,021	0,020	0,004			
Al ₂ O ₃	0,983	1,589	0,922	0,637	0,910	2,258	1,077	1,304	2,030	1,571			
Cr ₂ O ₃	0,207	0,503	0,310	0,059	0,096	0,668	0,089	0,062	0,300	0,042			
MgO	39,421	39,040	38,176	38,601	38,293	37,058	38,069	36,350	36,116	36,144			
CaO	0,007	0,145	0,124	0,014	0,182	0,016	0,011	0,020	0,095	0,008			
MnO	0,044	0,005	0,021	0,052	0,053	0,095	0,072	0,115	0,037	0,114			
FeO	3,886	3,595	5,023	4,935	5,074	5,544	5,147	7,849	7,386	7,895			
NiO	0,128	0,168	0,146	0,121	0,122	0,114	0,110	0,075	0,063	0,072			
H ₂ O	13,004	12,947	12,843	12,885	12,802	12,733	12,851	12,742	12,683	12,674			
Total	101,506	101,111	100,842	101,005	100,562	100,383	100,824	101,238	100,669	100,756			
Si	2,020	1,996	2,019	2,033	2,015	1,972	2,024	2,010	1,983	1,998			
Ti	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000			
Al	0,054	0,087	0,051	0,035	0,050	0,125	0,059	0,072	0,113	0,088			
Cr	0,008	0,019	0,012	0,002	0,004	0,025	0,003	0,002	0,011	0,002			
Mg	2,710	2,696	2,657	2,678	2,674	2,602	2,648	2,550	2,546	2,550			
Ca	0,000	0,007	0,006	0,001	0,009	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001			
Mn	0,002	0,000	0,001	0,003	0,002	0,004	0,003	0,005	0,002	0,005			
Fe ²⁺	0,150	0,139	0,196	0,192	0,199	0,218	0,201	0,309	0,292	0,313			
Ni	0,005	0,006	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003			
Total	4,948	4,951	4,949	4,949	4,957	4,952	4,944	4,952	4,955	4,957			
Al ^{IV}	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,028	0,000	0,000	0,017	0,002			
Al ^{VI}	0,054	0,083	0,051	0,035	0,050	0,098	0,059	0,072	0,096	0,086			
Mg#	94,76	95,09	93,12	93,31	93,08	92,26	92,95	89,19	89,71	89,08			
C#	12,30	17,58	18,47	6,04	5,51	16,50	5,20	3,02	9,05	1,69			

Tableau C.3 Composition des serpentes analysées à la microsonde électronique(suite).

Echantillons	Point	Lithologie	Minéral (pseudo)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	H ₂ O	Total	Si	Ti	Al	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe ²⁺	Ni	Total	Al ^v	Al ^{vi}	Mg#	Cr#
97-MH-7374-18	5	Herz	Inconnu	42,341	0,13	4,201	0,117	36,258	0,013	0,097	7,454	0,088	12,684	100,625	2,002	0,001	0,084	0,000	0,005	2,562	0,001	0,002	0,295	0,003	4,954	0,000	0,084	89,68	5,92
97-MH-7374-19	1	Herz	Opx	40,053	0,020	1,307	0,062	37,012	0,013	0,100	6,690	0,091	12,706	100,169	1,901	0,001	0,235	0,000	0,005	2,604	0,001	0,004	0,266	0,003	4,979	0,099	0,136	90,62	1,88
97-MH-7374-19	2	Herz	O1	42,120	0,042	1,756	0,064	36,570	0,047	0,037	6,971	0,078	12,677	100,362	2,006	0,002	0,073	0,008	0,003	2,579	0,003	0,002	0,276	0,003	4,956	0,000	0,073	90,85	3,00
97-MH-7374-19	3	Herz	Opx	39,096	0,011	5,117	0,167	35,576	0,016	0,054	7,197	0,071	12,606	100,211	1,860	0,001	0,304	0,140	0,006	2,523	0,001	0,002	0,286	0,003	4,985	0,007	0,164	89,81	2,49
97-MH-7374-19	4	Herz	O1	42,335	0,011	1,776	0,094	36,982	0,006	0,086	6,537	0,095	12,738	100,660	1,993	0,001	0,099	0,007	0,004	2,596	0,000	0,004	0,258	0,004	4,956	0,007	0,092	90,97	2,02
97-MH-7374-19	5	Herz	Inconnu	41,857	0,015	1,883	0,122	36,206	0,017	0,109	7,117	0,077	12,620	100,023	1,989	0,001	0,106	0,007	0,005	2,565	0,001	0,004	0,283	0,003	4,955	0,011	0,095	90,07	3,43
97-MH-7374-19	6	Herz	O1	41,795	0,011	2,401	0,108	36,212	0,001	0,084	7,257	0,094	12,698	100,691	1,974	0,001	0,134	0,026	0,004	2,552	0,000	0,003	0,287	0,004	4,957	0,026	0,108	89,90	4,09
97-MH-7374-19	7	Herz	Opx	39,724	0,028	5,521	0,601	37,820	0,018	0,102	3,946	0,069	12,833	100,662	1,856	0,001	0,304	0,144	0,004	2,635	0,001	0,004	0,154	0,003	4,980	0,144	0,160	94,17	6,82
97-MH-7374-20	1	Herz	Cpx	43,019	0,048	1,480	0,018	39,742	0,013	0,062	3,093	0,032	12,908	100,415	1,999	0,002	0,081	0,002	0,001	2,753	0,001	0,001	0,003	0,001	4,959	0,002	0,079	95,81	0,92

Tableau C.3 Composition des serpentes analysées à la microsonde électronique(suite).

Echantillons	Point	Lithologie	Minéral (pseudo)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	H ₂ O	Total	Si	Ti	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe ²⁺	Ni	Total	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg#	CM#
97-MH-7374-20	3	Lherz	O1	43,133	0,027	1,670	0,074	39,197	0,012	0,086	3,801	0,057	12,936	100,932	2,000	0,001	0,091	0,003	2,705	0,001	0,004	0,147	0,002	4,953	0,000	0,091	94,84	2,93
97-MH-7374-20	4	Lherz	Cpx	43,436	0,036	1,050	0,201	39,197	0,037	0,160	4,159	0,086	12,948	101,295	2,014	0,001	0,057	0,008	2,706	0,002	0,006	0,161	0,003	4,956	0,000	0,057	94,38	11,58
97-MH-7374-20	5	Lherz	Opx	43,705	0,038	1,076	0,043	40,093	0,007	0,021	2,727	0,047	12,934	100,409	2,012	0,001	0,053	0,001	2,795	0,001	0,003	0,106	0,003	4,955	0,000	0,059	96,32	2,49
97-MH-7374-20	6	Lherz	O1	43,046	0,020	1,211	0,070	38,597	0,002	0,065	2,428	0,052	13,029	101,064	2,004	0,001	0,067	0,003	2,679	0,001	0,003	0,094	0,002	4,960	0,000	0,053	96,76	1,39
97-MH-7374-21	1	Harzb à chro	Harzb à chro	43,084	0,038	1,287	0,024	38,599	0,008	0,069	5,195	0,078	12,880	101,168	2,004	0,001	0,067	0,003	2,679	0,000	0,003	0,202	0,003	4,961	0,000	0,067	92,98	3,62
97-MH-7374-21	2	Harzb à chro	Harzb à chro	43,059	0,014	1,238	0,053	37,980	0,007	0,090	5,280	0,107	12,912	101,484	2,001	0,001	0,071	0,001	2,673	0,004	0,005	0,205	0,003	4,962	0,000	0,071	92,88	1,40
97-MH-7374-21	3	Harzb à chro	O1	42,140	0,025	1,961	0,099	37,980	0,011	0,037	5,775	0,107	12,851	101,174	2,009	0,001	0,068	0,002	2,642	0,000	0,004	0,225	0,004	4,955	0,000	0,068	92,14	2,86
97-MH-7374-21	4	Harzb à chro	Harzb à chro	42,140	0,025	1,961	0,099	38,311	0,011	0,037	5,512	0,086	12,828	101,010	1,970	0,001	0,108	0,004	2,670	0,001	0,002	0,216	0,003	4,973	0,030	0,078	92,53	3,36
97-MH-7374-22	1	Harzb à chro	Opx	43,091	0,032	1,379	0,053	39,345	0,015	0,067	4,537	0,080	12,963	101,562	1,994	0,001	0,075	0,002	2,714	0,001	0,003	0,176	0,003	4,967	0,006	0,069	93,93	2,59
97-MH-7374-22	2	Harzb à chro	Harzb à chro	41,368	0,018	3,843	0,131	38,120	0,027	0,093	5,051	0,120	12,933	101,704	1,918	0,001	0,210	0,005	2,635	0,001	0,004	0,196	0,005	4,974	0,082	0,128	93,08	2,21

Tableau C.3 Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique(suite).

Échantillons	97-MH-7374-22	97-MH-7385-03A	97-MH-7385-03A	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499
Point	3	2	3	1	2	3	4	5	6	7
Lithologie	Harzb à chro	Chr Sil	Chr Sil	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol
Minéral (pseudo.)	Ol	Inconnu	Inconnu	Cpx	Opx	Ol	Cpx	Opx	Ol	Cpx
SiO ₂	43,527	39,613	41,023	41,760	42,533	42,973	41,997	43,328	43,232	41,436
TiO ₂	0,019	0,000	0,000	0,017	0,021	0,039	0,017	0,015	0,018	0,016
Al ₂ O ₃	1,230	1,526	1,534	1,874	1,495	1,237	1,788	0,866	1,089	1,977
Cr ₂ O ₃	0,099	0,043	0,096	0,818	0,175	0,217	0,810	0,077	0,087	1,095
MgO	39,175	37,337	37,230	37,316	37,906	38,048	37,567	38,382	38,172	37,123
CaO	0,012	0,000	0,004	0,006	0,029	0,001	0,006	0,004	0,000	0,018
MnO	0,124	0,074	0,064	0,028	0,065	0,047	0,058	0,039	0,019	0,026
FeO	4,676	6,164	6,521	5,307	5,349	5,101	5,324	4,890	5,029	5,299
NiO	0,103	0,000	0,000	0,073	0,097	0,105	0,085	0,113	0,093	0,073
H ₂ O	13,012	12,238	12,498	12,677	12,773	12,813	12,740	12,828	12,826	12,641
Total	101,977	96,995	98,970	99,876	100,443	100,581	100,392	100,542	100,565	99,704
Si	2,006	1,941	1,969	1,975	1,997	2,011	1,977	2,026	2,021	1,966
Ti	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Al	0,067	0,088	0,087	0,105	0,083	0,068	0,099	0,048	0,060	0,111
Cr	0,004	0,002	0,004	0,031	0,007	0,008	0,030	0,003	0,003	0,041
Mg	2,692	2,728	2,663	2,632	2,653	2,655	2,636	2,675	2,661	2,625
Ca	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Mn	0,005	0,003	0,003	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
Fe ³⁺	0,180	0,253	0,262	0,210	0,210	0,200	0,210	0,191	0,197	0,210
Ni	0,004	0,000	0,000	0,003	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,003
Total	4,958	5,014	4,987	4,957	4,958	4,950	4,958	4,949	4,947	4,958
Al ^{IV}	0,000	0,059	0,032	0,025	0,003	0,000	0,023	0,000	0,000	0,035
Al ^{VI}	0,067	0,029	0,055	0,080	0,080	0,068	0,076	0,048	0,060	0,076
Mg#	93,72	91,53	91,05	92,61	92,67	93,00	92,64	93,33	93,11	92,59
Cr#	4,98	1,94	4,14	22,59	7,28	10,49	23,36	5,45	5,14	27,06

Tableau C.3 Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique(suite).

Échantillons	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7499	97-MH-7501	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A	97-MH-7503-A
Point	8	9	10	11	12	13	1	1	2	3
Lithologie	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Webst Ol	Chr Sil	Harzb	Harzb	Harzb
Minéral (pseudo.)	Ol	Ol	Opx	Cpx	Opx	Ol	inconnu	Ol	inconnu	inconnu
SiO ₂	43,210	43,028	42,837	42,504	43,098	42,743	43,743	42,603	43,349	42,259
TiO ₂	0,013	0,009	0,024	0,031	0,026	0,030	0,006	0,000	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	0,964	1,021	1,354	1,516	1,191	1,370	1,069	0,680	0,685	1,249
Cr ₂ O ₃	0,114	0,047	0,118	0,329	0,079	0,213	0,002	0,145	0,000	0,464
MgO	38,174	38,197	38,431	37,776	38,168	37,927	40,614	36,898	37,543	37,360
CaO	0,011	0,004	0,007	0,012	0,009	0,006	0,017	0,000	0,000	0,000
MnO	0,046	0,009	0,058	0,004	0,018	0,026	0,032	0,000	0,020	0,020
FeO	4,794	5,001	4,906	5,333	5,197	5,203	2,330	7,233	6,743	7,009
NiO	0,093	0,101	0,105	0,091	0,099	0,104	0,144	0,000	0,000	0,000
H ₂ O	12,792	12,777	12,831	12,763	12,832	12,783	13,025	12,648	12,810	12,710
Total	100,211	100,194	100,671	100,359	100,717	100,405	100,982	100,207	101,150	100,747
Si	2,026	2,020	2,002	1,997	2,014	2,005	2,014	2,020	2,029	1,994
Ti	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	0,053	0,057	0,075	0,084	0,066	0,076	0,058	0,038	0,038	0,070
Cr	0,004	0,002	0,004	0,012	0,003	0,008	0,000	0,006	0,000	0,017
Mg	2,668	2,673	2,678	2,646	2,659	2,653	2,788	2,608	2,620	2,605
Ca	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Mn	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
Fe ²⁺	0,188	0,196	0,192	0,210	0,203	0,204	0,090	0,287	0,264	0,277
Ni	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,000	0,000	0,000
Total	4,945	4,951	4,957	4,954	4,951	4,952	4,957	4,958	4,952	4,963
Al ^{IV}	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
Al ^{VI}	0,053	0,057	0,075	0,081	0,066	0,076	0,058	0,038	0,038	0,063
Mg#	93,42	93,16	93,32	92,66	92,91	92,86	96,88	90,09	90,85	90,40
Cr#	7,39	3,00	5,40	12,73	4,38	9,55	0,00	12,64	0,00	19,88

Tableau C.3 Composition des serpentines analysées à la microsonde électronique(suite).

Échantillons	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B
Point	1	2	3	4
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Minéral (pseudo.)	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
SiO ₂	39,899	40,275	41,191	40,424
TiO ₂	0,026	0,013	0,008	0,021
Al ₂ O ₃	4,157	3,274	2,676	3,349
Cr ₂ O ₃	1,193	1,191	0,959	1,091
MgO	34,355	34,253	34,632	34,380
CaO	0,003	0,015	0,009	0,007
MnO	0,054	0,082	0,044	0,056
FeO	7,829	8,404	8,365	8,005
NiO	0,149	0,131	0,122	0,133
H ₂ O	12,553	12,512	12,596	12,525
Total	100,218	100,150	100,602	99,991
Si	1,906	1,930	1,961	1,936
Ti	0,001	0,001	0,000	0,001
Al	0,234	0,185	0,150	0,189
Cr	0,045	0,045	0,036	0,041
Mg	2,447	2,447	2,458	2,454
Ca	0,000	0,001	0,001	0,000
Mn	0,002	0,003	0,002	0,002
Fe ²⁺	0,313	0,337	0,333	0,321
Ni	0,006	0,005	0,005	0,005
Total	4,954	4,954	4,945	4,949
Al ^{IV}	0,094	0,070	0,039	0,065
Al ^{VI}	0,140	0,115	0,111	0,125
Mg#	88,67	87,90	88,07	88,45
Cr#	16,13	19,65	19,35	17,92

ANNEXE C.4

ANALYSES DES CHLORITES

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique.

Echantillons	Point	Lithologie	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	H ₂ O	Total:	Si	Ti	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe ³⁺	Ni	Na	K	V	Total:	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg#	Cr#
97-CD-5638-B	1	Film SF	28,003	0,023	19,397	0,021	24,921	0,011	0,217	13,766	0,221	0,015	0,005	0,062	11,943	98,538	5,624	0,003	4,592	0,003	7,462	0,002	0,037	2,312	0,036	0,006	0,001	0,009	20,005	1,526	1,618	98,04	0,07
97-JC-5113-A	1	Chr	34,156	0,016	12,178	2,117	36,307	0,009	0,000	1,292	0,045	0,023	0,014	0,004	12,656	98,866	6,474	0,002	2,720	0,001	10,259	0,001	0,004	0,205	0,007	0,009	0,001	0,009	20,028	1,576	1,073	98,33	10,44
97-JC-5113-A	2	Chr	33,911	0,029	12,155	2,633	36,216	0,007	0,012	1,102	0,254	0,017	0,010	0,066	12,663	99,193	6,424	0,004	2,714	0,004	10,227	0,001	0,002	0,193	0,034	0,006	0,003	0,010	20,017	1,637	1,138	98,15	12,68
97-JC-5116-A	1	Chr	33,892	0,046	14,292	0,129	35,879	0,009	0,000	2,720	0,060	0,015	0,001	0,026	12,776	99,845	5,363	0,006	3,162	0,006	10,042	0,002	0,000	0,427	0,009	0,006	0,000	0,004	20,040	1,525	2,040	83,25	0,60
97-JC-5116-B	1	Px à MG	29,230	0,000	18,243	0,054	28,176	0,006	0,115	10,105	0,141	0,016	0,007	0,009	12,120	98,222	5,785	0,000	4,255	0,008	8,313	0,001	0,019	1,672	0,023	0,006	0,002	20,049	2,215	2,040	83,25	0,19	
97-JC-5116-B	2	Px à MG	29,916	0,031	17,560	0,092	28,448	0,023	0,114	9,956	0,094	0,009	0,000	0,017	12,164	98,424	5,899	0,005	4,081	0,008	8,363	0,005	0,019	1,642	0,015	0,003	0,000	0,003	20,049	2,101	2,040	83,99	0,34
97-JC-5557-A	1	Du à chro	34,399	0,015	13,094	0,527	34,422	0,013	0,042	4,682	0,163	0,005	0,345	0,000	12,698	100,405	6,498	0,002	2,915	0,002	9,993	0,003	0,007	0,740	0,025	0,002	0,000	0,000	20,047	1,502	1,413	92,91	2,64
97-JC-5557-B1	4	Chr sill	36,808	0,025	8,699	1,076	34,963	0,015	0,079	5,679	0,159	n.a	n.a	n.a	12,626	100,129	6,992	0,004	1,948	0,004	9,902	0,003	0,013	0,902	0,024	n.a	n.a	19,950	1,008	0,940	91,65	7,68	
97-JC-5557-B1	6	Chr sill	38,311	0,027	5,739	1,571	35,730	0,093	0,009	5,899	0,228	n.a	n.a	n.a	12,607	100,214	7,289	0,004	1,287	0,004	10,135	0,019	0,001	0,939	0,035	n.a	n.a	19,945	0,711	0,576	91,52	15,50	

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la micosonde électronique (suite).

Échantillons	97-JC-5557-C	97-JC-5557-D	97-JC-5557-D	97-JC-5557-D	97-JC-5557-D	97-JC-5557-D	97-JC-5557-E	97-JC-5557-E	97-JC-5557-E	97-JC-5557-E
Point	1	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Lithologie	Harzb	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil
SiO ₂	33,274	31,994	34,406	33,493	33,560	33,697	35,232	33,886	33,797	35,574
TiO ₂	0,007	0,024	0,009	0,000	0,003	0,030	0,000	0,009	0,035	0,020
Al ₂ O ₃	12,511	17,460	13,396	11,260	11,200	13,614	8,641	10,890	13,029	10,698
Cr ₂ O ₃	0,097	0,422	0,512	4,919	5,007	1,718	4,238	3,646	1,712	3,708
MgO	32,547	34,510	35,718	35,037	34,815	35,461	35,758	35,305	35,152	34,577
CaO	0,018	0,017	0,013	0,034	0,023	0,000	0,025	0,006	0,014	0,104
MnO	0,074	0,006	0,018	0,011	0,035	0,005	0,035	0,013	0,003	0,036
FeO	7,026	2,121	1,993	2,002	1,698	1,985	1,848	2,060	2,250	1,972
NiO	0,099	0,195	0,284	0,260	0,337	0,382	0,267	0,257	0,293	0,259
Na ₂ O	0,000	0,027	0,033	0,020	0,007	0,009	0,004	0,000	0,004	0,013
K ₂ O	0,014	0,024	0,005	0,024	0,001	0,024	0,006	0,004	0,005	0,016
V ₂ O ₅	0,074	0,000	0,000	0,101	0,000	0,084	0,009	0,022	0,000	0,000
H ₂ O	12,289	12,750	12,706	12,597	12,552	12,722	12,500	12,505	12,615	12,684
Total:	98,030	99,550	99,093	99,758	99,238	99,731	98,563	98,603	98,909	99,661
Si	6,495	6,019	6,495	6,378	6,413	6,353	6,761	6,500	6,426	6,728
Ti	0,001	0,003	0,001	0,000	0,000	0,004	0,000	0,001	0,005	0,003
Al	2,878	3,871	2,980	2,527	2,523	3,025	1,954	2,462	2,920	2,384
Cr	0,015	0,063	0,076	0,741	0,757	0,256	0,643	0,553	0,257	0,554
Mg	9,471	9,679	10,052	9,946	9,919	9,967	10,230	10,096	9,964	9,748
Ca	0,004	0,003	0,003	0,007	0,005	0,000	0,005	0,001	0,003	0,021
Mn	0,012	0,001	0,003	0,002	0,006	0,001	0,006	0,002	0,000	0,006
Fe ²⁺	1,147	0,334	0,315	0,319	0,271	0,313	0,297	0,330	0,358	0,312
Ni	0,015	0,030	0,043	0,040	0,052	0,058	0,041	0,040	0,045	0,039
Na	0,000	0,010	0,012	0,007	0,003	0,003	0,002	0,000	0,001	0,005
K	0,004	0,006	0,001	0,006	0,000	0,006	0,002	0,001	0,001	0,004
V	0,012	0,000	0,000	0,015	0,000	0,013	0,001	0,003	0,000	0,000
Total:	20,054	20,019	19,981	19,988	19,949	19,999	19,942	19,989	19,980	19,804
Al ^{IV}	1,505	1,981	1,505	1,622	1,587	1,647	1,239	1,500	1,574	1,272
Al ^{VI}	1,373	1,890	1,475	0,905	0,936	1,378	0,715	0,962	1,346	1,112
Mg#	89,20	96,66	96,96	96,89	97,34	96,96	97,18	96,83	96,53	96,90
Cr#	0,52	1,60	2,49	22,67	23,08	7,80	24,76	18,34	8,09	18,86

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	H ₂ O	Total:	Si	Ti	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe ^T	Ni	Na	K	V	Total:	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg#	Cr#								
97-JC-5557-E	5	Chr sill	34,005	0,045	10,936	3,690	35,248	0,010	0,007	1,961	0,301	0,000	0,015	0,000	12,528	98,746	6,511	0,007	2,468	0,559	10,061	0,002	0,001	0,046	0,000	0,004	0,000	19,973	1,489	0,979	96,97	18,47	5,13	13,72	19,78	9,14	0,00	1,82	1,09	3,38	2,80
97-JC-5557-E	6	Chr sill	33,911	0,017	13,006	1,048	35,279	0,011	0,010	2,198	0,286	0,003	0,003	0,026	12,576	98,374	6,468	0,002	2,924	0,158	10,031	0,002	0,002	0,044	0,001	0,004	0,001	19,988	1,532	1,392	96,62	19,72	13,72	19,78	9,14	0,00	1,82	1,09	3,38	2,80	
97-MH-5642-A	1	Chr sill	33,575	0,000	14,000	4,213	35,313	0,000	0,004	2,516	0,192	n.a	0,023	n.a	12,720	100,419	6,380	0,000	2,277	0,633	10,004	0,000	0,001	0,029	0,008	0,004	n.a	20,023	1,620	1,380	96,16	19,78	9,14	0,00	1,82	1,09	3,38	2,80			
97-MH-5642-B	2	Chr sill	33,219	0,000	15,309	2,097	35,000	0,000	0,007	2,961	0,096	n.a	0,011	n.a	12,715	100,106	6,267	0,000	3,113	0,313	9,843	0,000	0,001	0,015	0,004	0,004	n.a	20,023	1,733	1,380	95,47	19,78	9,14	0,00	1,82	1,09	3,38	2,80			
97-MH-7371-18	1	Lierz à chro	32,738	0,000	15,658	0,433	36,026	0,000	0,016	13,083	0,205	n.a	0,020	n.a	12,045	99,024	6,184	0,000	3,408	0,000	10,145	0,000	0,002	0,000	0,003	0,004	n.a	20,115	1,816	1,592	96,49	19,78	9,14	0,00	1,82	1,09	3,38	2,80			
97-MH-7371-21	1	Websl	30,495	0,000	11,894	0,197	36,799	0,000	0,039	2,993	0,000	n.a	0,021	n.a	12,824	100,278	6,073	0,000	3,675	0,068	7,999	0,003	0,023	0,033	0,004	0,004	n.a	20,057	1,927	1,748	78,59	1,82	1,09	3,38	2,80						
97-MH-7371-22	1	Lierz à chro	35,504	0,007	11,894	0,197	36,799	0,000	0,039	2,993	0,000	n.a	0,021	n.a	12,824	100,278	6,441	0,001	2,622	0,029	10,261	0,000	0,006	0,000	0,000	0,008	0,003	n.a	20,036	1,359	1,263	95,64	1,82	1,09	3,38	2,80					
97-MH-7374-01	1	Harzb à chro	33,140	0,018	13,272	0,691	32,918	0,010	0,027	5,634	0,103	0,000	0,022	0,012	12,380	98,227	6,421	0,003	3,031	0,106	9,508	0,002	0,004	0,016	0,008	0,003	0,000	20,015	1,579	1,452	91,24	1,82	1,09	3,38	2,80						
97-MH-7374-01	1	Harzb à chro	32,871	0,046	13,573	0,584	33,013	0,035	0,052	6,418	0,098	n.a	0,022	n.a	12,442	99,132	6,337	0,007	3,084	0,089	9,488	0,007	0,009	1,035	0,015	n.a	n.a	20,071	1,663	1,421	90,16	1,82	1,09	3,38	2,80						

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	H ₂ O	Total	Si	Ti	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe ²⁺	Ni	Na	K	V	Total	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg ^{VI}	Cr#	
97-MH-7374-02	1	Harzb à chro	31,101	0,000	18,006	1,302	33,366	0,205	0,288	2,859	0,227	0,154	0,113	0,030	0,014	0,177	6,415	0,002	3,113	0,095	9,447	0,041	0,004	0,452	0,035	0,005	0,011	0,002	20,070	2,122	1,585	1,528	95,41	4,64
97-MH-7374-02	2	Harzb à chro	33,542	0,017	13,809	0,628	33,136	0,101	0,033	4,842	0,154	0,113	0,077	0,030	0,014	0,177	6,339	0,004	3,160	0,039	9,553	0,002	0,004	0,774	0,024	0,003	0,017	0,000	20,107	1,661	1,545	1,499	92,43	2,96
97-MH-7374-02	3	Harzb à chro	33,440	0,014	14,145	0,262	34,156	0,001	0,024	4,984	0,125	0,119	0,010	0,000	0,010	0,227	6,660	0,004	3,160	0,148	9,793	0,003	0,007	0,897	0,019	0,007	0,002	0,003	20,094	1,545	1,213	1,999	92,44	1,22
97-MH-7374-05	1	Lherz à chro	34,048	0,022	12,345	0,986	34,651	0,012	0,041	5,729	0,126	0,126	0,010	0,018	0,010	0,262	6,455	0,003	2,758	0,123	9,946	0,002	0,001	0,902	0,019	0,007	0,002	0,000	19,985	1,089	1,089	0,989	91,61	5,09
97-MH-7374-05	4	Lherz à chro	36,703	0,044	9,361	0,826	35,432	0,009	0,004	5,729	0,126	0,126	0,017	0,000	0,015	0,262	6,495	0,006	2,794	0,113	9,946	0,001	0,001	0,746	0,030	0,006	0,038	n.a	20,068	1,505	1,089	0,989	91,69	5,59
97-MH-7374-06	1	Harzb à chro	34,495	0,044	12,591	0,760	35,052	0,005	0,004	4,738	0,145	0,145	0,017	0,000	0,015	0,262	6,495	0,006	2,794	0,113	9,838	0,001	0,001	0,746	0,030	0,006	0,038	0,000	20,068	1,505	1,089	0,989	92,95	3,89
97-MH-7374-06	3	Harzb à chro	34,403	0,000	12,174	1,192	34,675	0,020	0,032	4,914	0,145	0,145	0,022	0,009	0,049	0,262	6,518	0,000	2,718	0,179	9,793	0,004	0,005	0,779	0,022	0,008	0,002	0,007	20,035	1,482	1,482	1,289	92,63	6,18
97-MH-7374-07	1	Harzb à chro	37,823	0,025	7,335	1,707	36,195	0,023	0,050	3,970	0,172	0,172	0,012	0,012	0,026	0,262	7,146	0,003	1,633	0,255	10,195	0,005	0,008	0,627	0,026	0,001	0,003	0,004	19,906	0,854	0,854	0,779	94,21	13,51
97-MH-7374-07	3	Harzb à chro	35,476	0,023	11,131	1,570	35,412	0,013	0,033	4,061	0,137	0,137	0,006	0,022	0,022	0,262	6,671	0,003	2,467	0,233	9,927	0,003	0,005	0,639	0,021	0,000	0,002	0,003	19,974	1,329	0,854	0,779	93,95	8,63
97-MH-7374-07	5	Harzb à chro	34,634	0,015	11,264	2,230	35,281	0,034	0,008	3,883	0,212	0,212	0,009	0,000	0,024	0,262	6,555	0,002	2,513	0,334	9,955	0,007	0,001	0,615	0,032	0,009	0,002	0,000	20,025	1,445	1,445	1,068	94,18	11,73

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
Formule	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
Lithologie	Chr sill	Chr sill	Chr sill	Chr sill	Chr sill	Chr sill	Chr sill	Chr sill	Chr sill	Chr sill
SiO ₂	34,098	33,914	32,779	33,650	33,650	34,647	33,907	33,910	33,199	
TiO ₂	0,035	0,000	0,017	0,000	0,035	0,015	0,025	0,019	0,003	
Al ₂ O ₃	13,880	13,951	14,977	13,599	12,919	14,772	11,399	13,351	13,462	
Cr ₂ O ₃	1,189	1,109	1,911	2,615	2,922	1,397	2,959	1,802	2,031	
MgO	35,718	36,078	34,799	35,047	35,194	35,490	35,473	34,427	34,836	
CaO	0,005	0,004	0,018	0,006	0,025	0,023	0,102	0,483	0,145	
MnO	0,032	0,018	0,022	0,004	0,000	0,029	0,024	0,013	0,002	
FeO	1,955	1,958	1,962	1,821	1,826	2,184	2,005	2,076	2,357	
NiO	0,347	0,478	0,336	0,308	0,297	0,288	0,294	0,300	0,309	
Nb ₂ O ₅	0,017	0,009	0,025	0,009	0,024	0,024	0,025	0,032	0,037	
K ₂ O	0,004	0,000	0,023	0,005	0,013	0,014	0,000	0,007	0,020	
V ₂ O ₅	0,058	0,058	0,018	0,027	0,111	0,000	0,062	0,000	0,031	
H ₂ O	12,806	12,825	12,697	12,626	12,681	12,847	12,735	12,632	12,594	
Total	100,154	100,402	99,584	99,156	99,662	100,634	100,309	99,052	99,026	
Si	6,387	6,343	6,193	6,281	6,365	6,526	6,362	6,439	6,323	
Ti	0,005	0,000	0,002	0,004	0,000	0,005	0,003	0,003	0,000	
Al	3,064	3,075	3,335	3,045	2,880	3,251	2,530	2,988	3,022	
Cr	0,176	0,164	0,285	0,393	0,437	0,441	0,317	0,270	0,306	
Mg	9,974	10,059	9,800	9,926	9,924	9,878	9,922	9,746	9,891	
Ca	0,001	0,001	0,004	0,001	0,005	0,006	0,020	0,098	0,030	
Mn	0,005	0,003	0,004	0,001	0,000	0,005	0,004	0,002	0,000	
Fe ²⁺	0,308	0,306	0,310	0,289	0,289	0,341	0,315	0,330	0,375	
Ni	0,052	0,072	0,051	0,047	0,045	0,043	0,044	0,046	0,047	
Nb	0,006	0,003	0,009	0,003	0,009	0,002	0,009	0,012	0,014	
K	0,001	0,000	0,005	0,001	0,003	0,000	0,005	0,002	0,005	
V	0,009	0,009	0,003	0,004	0,017	0,000	0,000	0,000	0,005	
Total	19,988	20,035	20,001	19,995	19,974	20,007	19,983	19,936	20,018	
Al ^{IV}	1,613	1,657	1,807	1,719	1,635	1,734	1,638	1,561	1,677	
Al ^{VI}	1,451	1,418	1,528	1,326	1,245	1,517	1,350	1,427	1,345	
Mg#	97,00	97,05	96,93	97,17	97,17	96,66	96,92	96,72	96,35	
Cr#	5,43	5,06	7,87	11,43	13,17	5,96	14,84	8,29	9,19	

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Béhanillons	Point	Lithologie	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	H ₂ O	Total:	Si	Ti	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe ²⁺	Ni	Na	K	V	Total:	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg#	Cr#	
97-MH-7374-11	1	Harzb à chro	33,462	0,034	15,644	2,338	34,042	1,340	0,015	1,066	0,170	0,001	0,029	0,000	12,907	101,059	6,219	0,005	3,427	0,344	9,432	0,267	0,002	0,166	0,025	0,004	0,007	0,000	19,898	1,781	1,646	98,27	9,12	
97-MH-7374-11	3	Harzb à chro	34,587	0,067	11,152	2,340	35,322	0,017	0,036	3,265	0,173	0,001	0,003	0,040	12,627	99,630	6,570	0,009	2,497	0,352	10,003	0,003	0,006	0,519	0,026	0,000	0,001	0,006	19,993	1,430	1,067	95,07	12,36	
97-MH-7374-11	4	Harzb à chro	33,154	0,021	12,497	2,375	34,835	0,011	0,018	3,716	0,095	0,013	0,002	0,000	12,542	99,279	6,564	0,004	2,406	0,440	10,038	0,015	0,002	0,594	0,026	0,003	0,000	0,000	20,071	1,659	1,158	94,36	11,90	
97-MH-7374-11	5	Harzb à chro	34,666	0,031	10,781	2,942	35,561	0,002	0,015	4,255	0,154	0,008	0,012	0,049	12,668	100,120	6,564	0,004	2,406	0,440	10,038	0,015	0,002	0,498	0,026	0,003	0,000	0,000	20,006	1,436	0,970	95,27	15,46	
97-MH-7374-15	1	Lierz à chro	37,767	0,024	7,269	1,948	36,531	0,002	0,000	3,850	0,152	0,008	0,098	0,000	12,742	100,640	6,986	0,000	2,963	0,138	0,290	0,000	0,021	0,002	0,606	0,023	0,003	0,024	0,000	20,076	1,614	1,349	93,64	4,45
97-MH-7374-15	1	Lierz à chro	37,767	0,042	12,638	1,948	36,531	0,103	0,000	3,850	0,152	0,008	0,098	0,000	12,742	100,640	6,986	0,003	2,963	0,290	0,290	0,000	0,021	0,002	0,606	0,023	0,003	0,024	0,000	19,930	0,886	0,728	94,42	15,23
97-MH-7374-16	2	Harzb à chro	33,928	0,025	11,387	1,068	34,291	0,023	0,028	5,142	0,118	n.a	n.a	n.a	12,516	99,301	6,407	0,006	1,614	0,162	0,162	0,005	0,005	0,006	0,824	0,018	n.a	n.a	20,080	1,593	1,262	92,24	5,37	
97-MH-7374-18	2	Harzb	34,784	0,025	11,387	1,068	33,400	0,027	0,028	7,594	0,082	n.a	n.a	n.a	12,518	99,952	6,665	0,004	2,572	0,016	0,016	0,006	0,005	0,005	0,824	0,013	n.a	n.a	20,039	1,395	1,237	88,69	0,62	
97-MH-7374-21	1	Harzb à chro	33,582	0,030	13,147	0,611	34,208	0,027	0,042	5,557	0,048	0,015	0,378	0,013	12,610	100,268	6,388	0,004	2,948	0,092	0,092	0,005	0,007	0,884	0,007	0,005	0,029	0,002	20,135	1,612	1,336	91,65	3,03	
97-MH-7374-21	2	Harzb à chro	33,775	0,018	12,757	0,224	33,867	0,007	0,069	6,735	0,082	0,000	0,120	0,013	12,571	100,238	6,445	0,003	2,869	0,034	0,034	0,005	0,001	0,011	1,075	0,013	0,000	0,029	0,002	20,116	1,555	1,314	89,96	1,17

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	Point	Lithologie	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	H ₂ O	Total:	Si	Ti	Al	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Fe ²⁺	Ni	Na	K	V	Total:	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg#	Cr#	
97-MH-7374-21	3	Harzb à chrtv	38,597	0,000	6,850	0,286	36,065	0,021	0,081	5,994	0,065	0,009	0,000	0,000	12,728	100,696	7,274	0,004	0,000	1,522	0,443	10,132	0,004	0,013	0,945	0,010	0,003	0,000	0,000	0,000	19,946	0,276	0,796	91,47	2,75
97-MH-7374-22	1	Harzb à chrtv	33,122	0,031	13,355	0,387	35,538	0,015	0,023	3,994	0,077	0,021	0,247	0,098	12,721	100,337	6,379	0,004	0,000	2,968	0,058	9,990	0,003	0,004	0,630	0,012	0,008	0,059	0,015	20,130	1,621	1,347	94,07	1,92	
97-MH-7385-01B	1	Chr sill	31,710	0,085	16,756	0,962	33,908	0,154	0,011	3,627	0,086	0,044	n.a	n.a	101,249	99,381	6,197	0,012	3,274	0,482	9,585	0,031	0,002	0,002	0,487	0,013	0,006	n.a	20,033	1,987	1,758	94,46	7,93		
97-MH-7385-03A	2	Chr sill	33,488	0,000	13,794	0,941	35,502	0,000	0,000	3,085	0,248	0,016	n.a	n.a	99,770	99,770	6,327	0,000	3,072	0,970	10,006	0,141	0,000	0,000	0,000	0,038	0,006	0,006	20,070	1,673	1,399	95,36	4,99		
97-MH-7385-03A	4	Chr sill	37,698	0,000	7,197	1,133	35,328	0,000	0,062	6,108	0,095	0,005	n.a	n.a	100,251	98,313	7,163	0,000	1,612	0,990	10,526	0,170	0,001	0,010	0,000	0,014	0,002	n.a	19,947	0,837	0,775	91,16	9,54		
97-MH-7385-03A	1	Chr sill	37,232	0,000	5,897	0,163	36,465	0,006	0,048	6,114	0,000	n.a	n.a	n.a	12,388	98,313	7,209	0,000	1,346	0,990	10,526	0,25	0,001	0,008	0,000	0,000	0,002	n.a	20,105	0,791	0,555	91,40	1,82		
97-MH-7485	1	Chr sill	33,383	0,006	11,462	3,036	34,862	0,002	0,028	3,880	0,224	0,003	0,014	0,013	12,515	99,428	6,398	0,001	2,589	0,622	0,460	9,561	0,000	0,005	0,004	0,622	0,001	0,006	0,004	20,077	1,602	0,987	94,12	15,09	
97-MH-7485	2	Chr sill	34,189	0,027	10,348	2,811	35,207	0,022	0,035	3,881	0,261	0,018	0,019	0,118	12,526	99,462	6,547	0,004	2,336	0,426	10,051	0,004	0,004	0,006	0,628	0,002	0,005	0,003	0,000	20,065	1,453	0,883	94,17	15,42	
97-MH-7485	3	Chr sill	33,284	0,006	11,158	3,862	34,518	0,000	0,027	3,915	0,213	0,007	0,011	0,000	12,505	99,606	6,384	0,001	2,522	0,586	9,899	0,000	0,000	0,003	0,628	0,003	0,000	0,000	20,062	1,616	0,906	94,03	18,85		

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillon	Point	Lithologie	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	MnO	FeO	NiO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅	H ₂ O	Total	Si	Ti	Al	Cr	Mg	Ca	Mn	Mn ²⁺	Ni	Na	K	V	Total	Al ^{IV}	Al ^{VI}	Mg#	Cr#
97-MH-7485	1	Chr sill	35,669	0,017	8,272	2,777	35,917	0,011	0,021	3,906	0,255	n.a	n.a	n.a	12,535	99,380	6,825	0,002	1,866	0,420	10,246	0,006	0,002	0,003	0,625	0,039	n.a	n.a	20,028	1,175	0,691	94,25	18,37
97-MH-7485	2	Chr sill	33,858	0,021	11,733	1,739	35,045	0,015	0,046	3,762	0,244	n.a	n.a	n.a	12,524	98,987	6,485	0,003	2,648	0,254	10,301	0,003	0,003	0,012	0,630	0,039	n.a	n.a	20,055	1,515	0,663	94,33	9,03
97-MH-7485	3	Chr sill	38,473	0,021	6,281	1,704	36,593	0,016	0,078	3,988	0,259	n.a	n.a	n.a	12,703	100,116	7,265	0,003	1,398	0,225	10,369	0,003	0,003	0,010	0,661	0,047	n.a	n.a	19,905	0,735	0,668	94,24	15,38
97-MH-7485	4	Chr sill	38,233	0,021	6,368	1,508	36,828	0,013	0,064	4,183	0,311	n.a	n.a	n.a	12,701	100,230	7,221	0,003	1,417	0,225	10,369	0,003	0,021	0,007	0,609	0,084	n.a	n.a	19,951	0,779	0,635	94,01	13,70
97-MH-7485	5	Chr sill	35,075	0,024	8,720	3,938	34,453	0,102	0,046	3,780	0,541	n.a	n.a	n.a	12,637	99,133	6,756	0,003	1,979	0,600	9,892	0,006	0,021	0,007	0,609	0,082	n.a	n.a	19,951	1,244	0,735	94,20	23,26
97-MH-7485	6	Chr sill	36,919	0,038	7,895	2,801	35,403	0,028	0,009	3,701	0,539	n.a	n.a	n.a	12,621	99,970	7,008	0,005	1,766	0,420	10,018	0,006	0,006	0,001	0,604	0,082	n.a	n.a	19,894	0,992	0,774	94,46	19,21
97-MH-7485	7	Chr sill	33,584	0,019	12,067	2,721	34,910	0,006	0,023	3,968	0,227	n.a	n.a	n.a	12,621	100,146	6,383	0,003	2,703	0,409	9,891	0,001	0,001	0,019	0,631	0,035	n.a	n.a	20,060	1,617	1,086	94,00	13,14
97-MH-7490-A	1	Px à MG	28,256	0,056	20,026	0,147	28,654	0,015	0,114	8,316	0,000	0,019	0,015	0,009	12,164	97,791	5,572	0,008	4,654	0,023	8,423	0,003	0,003	0,019	1,371	0,000	0,001	0,001	20,085	2,428	2,226	86,00	0,49
97-MH-7490-A	2	Px à MG	28,389	0,036	20,416	0,119	26,884	0,000	0,222	10,683	0,033	0,007	0,000	0,133	12,204	99,126	5,580	0,005	4,729	0,018	7,877	0,000	0,000	0,037	1,756	0,005	0,021	0,021	20,031	2,420	2,309	81,77	0,38
97-MH-7494	1	Chr sill	33,667	0,001	11,916	3,293	36,253	0,009	0,034	1,669	0,042	0,019	0,000	0,035	12,658	99,896	6,375	0,000	2,659	0,493	10,233	0,002	0,002	0,005	0,264	0,006	0,007	0,000	20,049	1,625	1,034	97,48	15,64

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7494	97-MH-7494	97-MH-7501	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1
Point	2	3	2	1	2	3	4	5	6	7
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
SiO ₂	33,230	33,682	37,315	32,882	32,524	31,155	33,819	33,354	29,902	32,983
TiO ₂	0,011	0,024	0,021	0,009	0,004	0,026	0,006	0,023	0,000	0,024
Al ₂ O ₃	12,628	11,394	7,806	11,989	12,074	14,588	12,123	14,908	17,059	11,306
Cr ₂ O ₃	3,297	4,665	1,485	4,400	4,807	4,913	2,992	0,114	3,476	5,626
MgO	35,568	35,594	37,321	34,961	34,744	33,968	35,877	35,628	33,064	35,314
CaO	0,019	0,017	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MnO	0,018	0,008	0,048	0,006	0,027	0,016	0,006	0,001	0,000	0,007
FeO	1,340	1,313	2,557	1,827	1,878	2,447	1,669	2,090	2,602	1,604
NiO	0,224	0,314	0,256	0,192	0,261	0,205	0,189	0,203	0,085	0,203
Na ₂ O	0,098	0,000	n.a	0,016	0,044	0,016	0,022	0,015	0,021	0,017
K ₂ O	0,040	0,003	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
V ₂ O ₅	0,040	0,049	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
H ₂ O	12,586	12,633	12,701	12,508	12,485	12,580	12,652	12,702	12,477	12,579
Total:	99,099	99,696	99,527	98,790	98,848	99,914	99,355	99,038	98,686	99,663
Si	6,319	6,391	7,047	6,306	6,249	5,941	6,412	6,299	5,749	6,290
Ti	0,002	0,003	0,003	0,001	0,001	0,004	0,001	0,003	0,000	0,003
Al	2,830	2,548	1,738	2,710	2,734	3,278	2,709	3,318	3,865	2,541
Cr	0,496	0,700	0,222	0,667	0,730	0,741	0,449	0,017	0,528	0,848
Mg	10,083	10,068	10,507	9,995	9,951	9,656	10,140	10,030	9,476	10,039
Ca	0,004	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,003	0,001	0,008	0,001	0,004	0,003	0,001	0,000	0,000	0,001
Fe ²⁺	0,213	0,208	0,404	0,293	0,302	0,390	0,265	0,330	0,418	0,256
Ni	0,034	0,048	0,039	0,030	0,040	0,032	0,029	0,031	0,013	0,031
Na	0,036	0,000	n.a	0,006	0,016	0,006	0,008	0,006	0,008	0,006
K	0,010	0,001	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
V	0,006	0,007	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Total:	20,036	19,978	19,971	20,009	20,027	20,051	20,014	20,034	20,057	20,015
Al ^{IV}	1,681	1,609	0,953	1,694	1,751	2,059	1,588	1,701	2,251	1,710
Al ^{VI}	1,149	0,939	0,785	1,016	0,983	1,219	1,121	1,617	1,614	0,831
Mg#	97,93	97,98	96,30	97,15	97,05	96,12	97,45	96,81	95,78	97,51
Cr#	14,91	21,55	11,33	19,75	21,07	18,44	14,22	0,51	12,02	25,02

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Echantillons	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B1	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7503-B2	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7504-A	97-MH-7507-C
Formule	8	9	10	1	2	1	3	4	5	1		
Lithologie	Chr III	Chr III	Chr	Chr	Chr	Chr III	Chr III	Chr III	Chr III	Chr III		
SiO ₂	33,138	33,550	33,913	31,948	31,923	32,396	31,964	31,705	32,192	29,655		
TiO ₂	0,005	0,011	0,000	0,006	0,010	0,014	0,014	0,000	0,016	0,039		
Al ₂ O ₃	12,052	11,660	11,654	12,907	13,498	12,470	13,447	12,902	14,013	17,074		
Cr ₂ O ₃	4,524	5,556	4,324	5,511	4,880	4,561	3,961	4,853	3,822	0,068		
MgO	35,237	35,324	35,761	34,323	34,479	34,482	33,803	33,724	33,745	26,544		
CaO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009		
MnO	0,104	0,020	0,013	0,025	0,000	0,006	0,011	0,109	0,018	0,121		
FeO	1,932	1,941	1,549	1,859	1,936	2,802	3,061	2,798	3,276	13,154		
NiO	0,230	0,187	0,192	0,193	0,134	0,174	0,117	0,140	0,140	0,053		
Na ₂ O	0,019	0,006	0,006	0,016	0,027	0,007	0,010	0,019	0,015	0,011		
K ₂ O	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,000		
V ₂ O ₅	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,000		
H ₂ O	12,627	12,745	12,707	12,525	12,564	12,522	12,524	12,406	12,584	12,025		
Total:	99,868	101,000	100,119	99,343	99,451	99,434	98,656	99,821	99,821	98,753		
Si	6,295	6,314	6,401	6,118	6,095	6,206	6,122	6,130	6,136	5,915		
Ti	0,001	0,002	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,000	0,002	0,006		
Al	2,698	2,586	2,593	2,913	3,037	2,815	3,126	2,940	3,148	4,014		
Cr	0,680	0,827	0,645	0,839	0,737	0,691	0,600	0,742	0,576	0,011		
Mg	9,979	9,911	10,063	9,799	9,813	9,847	9,652	9,721	9,589	7,893		
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002		
Mn	0,017	0,003	0,002	0,004	0,000	0,001	0,002	0,018	0,003	0,021		
Fe ²⁺	0,307	0,306	0,244	0,298	0,309	0,449	0,452	0,452	0,522	2,194		
Ni	0,035	0,028	0,029	0,030	0,021	0,027	0,018	0,022	0,021	0,008		
Na	0,007	0,002	0,002	0,006	0,010	0,002	0,004	0,007	0,006	0,004		
K	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,000		
V	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,000		
Total:	20,019	19,979	19,979	20,008	20,023	20,040	20,032	20,003	20,068	20,068		
Al IV	1,705	1,686	1,599	1,882	1,905	1,794	1,878	1,870	1,864	2,085		
Al VI	0,993	0,900	0,994	1,031	1,132	1,021	1,248	1,070	1,284	1,929		
Mg#	97,02	97,00	97,63	97,05	96,95	95,64	95,17	95,56	94,84	78,25		
Cr#	20,13	24,23	19,92	22,36	19,53	19,71	16,10	20,15	15,47	0,27		

Tableau C.4 Composition des chlorites analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7507-C
Point	2
Lithologie	Px MG
SiO ₂	29,213
TiO ₂	0,015
Al ₂ O ₃	17,461
Cr ₂ O ₃	0,125
MgO	25,131
CaO	0,000
MnO	0,139
FeO	15,122
NiO	0,041
Na ₂ O	0,007
K ₂ O	0,001
V ₂ O ₅	0,114
H ₂ O	11,982
Total:	99,351
Si	5,848
Ti	0,002
Al	4,120
Cr	0,020
Mg	7,500
Ca	0,000
Mn	0,024
Fe ²⁺	2,532
Ni	0,007
Na	0,003
K	0,000
V	0,018
Total:	20,074
Al ^{IV}	2,152
Al ^{VI}	1,968
Mg#	74,76
Cr#	0,48

ANNEXE C.5

ANALYSES DES AMPHIBOLES

Tableau C.5 Composition des amphiboles analysées à la microsonde électronique.

Echantillons	97-JC-5557-B1	97-JC-5557-B2	97-JC-5557-B2	97-JC-5557-B2	97-JC-5557-B2	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7371-21	97-MH-7374-07
Point	1	1	2	3	4	2	3	4	5	1
Lithologie	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Webst	Webst	Webst	Webst	Harzb à chro
Groupe amphibole	Na-Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
SiO ₂	55,017	58,956	59,096	58,983	58,955	51,292	52,961	56,26	57,246	57,706
TiO ₂	0,824	0,005	0,021	0,037	0,000	0,038	0,000	0,000	0,000	0,007
Al ₂ O ₃	5,173	0,057	0,077	0,155	0,104	5,786	4,099	0,621	0,495	0,847
FeO	1,999	2,111	2,167	2,233	1,891	7,620	7,799	6,289	5,315	1,420
MnO	0,045	0,072	0,060	0,095	0,092	0,142	0,293	0,128	0,297	0,037
MgO	24,839	23,493	23,426	22,943	23,441	19,158	19,989	20,240	21,423	24,428
CaO	4,289	13,557	13,400	13,385	13,449	10,149	10,387	13,174	12,204	13,130
Na ₂ O	3,111	0,093	0,114	0,178	0,093	2,073	1,178	0,165	0,31	0,167
K ₂ O	0,042	0,020	0,013	0,022	0,023	0,051	0,046	0,060	0	0,033
ZnO	0,000	0,025	0,000	0,000	0,022	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,047
Cr ₂ O ₃	2,729	0,047	0,095	0,130	0,079	0,000	0,000	0,000	0,028	0,513
NiO	0,187	0,147	0,222	0,048	0,136	0,068	0,024	0,030	0,064	0,014
H ₂ O	2,218	2,209	2,212	2,204	2,209	2,097	2,113	2,131	2,157	2,208
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000
Cl	0,003	0,013	0,012	0,003	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,003
Total	100,476	100,805	100,915	100,416	100,491	98,477	98,889	99,098	99,569	100,560
Si	7,436	7,991	7,999	8,019	8,003	7,332	7,516	7,914	7,956	7,832
Ti	0,084	0,001	0,002	0,004	0,000	0,004	0,000	0,000	0	0,001
Al	0,824	0,009	0,012	0,025	0,017	0,975	0,686	0,103	0,081	0,136
Fe	0,226	0,239	0,245	0,254	0,215	0,911	0,926	0,740	0,618	0,161
Mn	0,005	0,008	0,007	0,011	0,011	0,017	0,035	0,015	0,035	0,004
Mg	5,004	4,747	4,727	4,650	4,744	4,083	4,229	4,245	4,439	4,943
Ca	0,621	1,969	1,943	1,950	1,956	1,554	1,580	1,986	1,817	1,909
Na	0,815	0,024	0,030	0,047	0,024	0,574	0,324	0,045	0,092	0,044
K	0,007	0,003	0,002	0,004	0,004	0,010	0,008	0,011	0	0,006
Zn	0,000	0,003	0,000	0,000	0,002	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,005
Cr	0,292	0,005	0,010	0,014	0,008	0,000	0,000	0,000	0,003	0,055
Ni	0,020	0,016	0,024	0,005	0,015	0,008	0,003	0,003	0,007	0,001
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,000
Cl	-0,001	-0,003	-0,003	-0,001	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-0,001
Total	15,333	15,012	14,998	14,982	14,999	15,468	15,307	15,062	15,048	15,096
Al IV	0,564	0,009	0,001	0,000	0,000	0,668	0,484	0,086	0,044	0,168
Al VI	0,260	0,000	0,011	0,025	0,017	0,307	0,202	0,017	0,037	0,000
(Ca+Na) _B	1,436	1,993	1,973	1,997	1,980	2,000	1,904	2,000	1,909	1,953
Na _B	0,815	0,024	0,030	0,047	0,024	0,446	0,324	0,014	0,092	0,044
(Na+K) _A	0,007	0,003	0,002	0,004	0,004	0,138	0,008	0,042	0,000	0,006
Mg#	0,957	0,952	0,951	0,948	0,957	0,818	0,820	0,852	0,878	0,968

Tableau C.5 Composition des amphiboles analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10	97-MH-7374-11	97-MH-7374-11	97-MH-7374-11	97-MH-7374-11	97-MH-7374-11	97-MH-7374-11	97-MH-7374-11
Point	1	2	3	2	3	4	5	7	8	9
Lithologie	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro
Groupe amphibole	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
SiO ₂	57,513	58,287	58,289	58,127	57,55	57,808	57,829	57,731	58,35	57,649
TiO ₂	0,034	0,050	0,048	0,022	0,026	0,035	0,043	0,051	0,053	0,024
Al ₂ O ₃	1,383	0,383	0,395	0,515	0,674	0,450	0,472	0,656	0,399	0,669
FeO	1,934	1,272	1,245	1,601	1,652	1,685	1,69	1,550	1,875	1,609
MnO	0,054	0,031	0,042	0,057	0,081	0,078	0,07	0,084	0,051	0,035
MgO	23,447	24,224	24,100	23,823	23,716	23,930	23,709	23,947	24,182	23,729
CaO	13,432	13,315	13,483	13,308	13,165	13,254	13,275	13,218	13,162	13,351
Na ₂ O	0,420	0,156	0,178	0,141	0,191	0,150	0,156	0,136	0,210	0,224
K ₂ O	0,083	0,042	0,041	0,038	0,067	0,026	0,022	0,056	0,068	0,057
ZnO	0,000	0,023	0,022	0,031	0,006	0,008	0	0,109	0,000	0,007
Cr ₂ O ₃	0,248	0,116	0,109	0,300	0,289	0,279	0,388	0,431	0,021	0,695
NiO	0,048	0,000	0,065	0,041	0,000	0,062	0,116	0,027	0,079	0,048
H ₂ O	2,144	2,203	2,141	2,201	2,187	2,194	2,141	2,199	2,204	2,178
F	0,131	0,000	0,132	0,000	0,000	0,000	0,11	0,000	0,011	0,044
Cl	0,006	0,007	0,008	0,006	0,003	0,002	0,006	0,001	0,006	0,000
Total	100,877	100,109	100,298	100,211	99,607	99,961	100,027	100,196	100,671	100,319
Si	7,812	7,927	7,924	7,914	7,888	7,897	7,902	7,870	7,914	7,860
Ti	0,003	0,005	0,005	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,002
Al	0,221	0,061	0,063	0,083	0,109	0,072	0,076	0,105	0,064	0,108
Fe	0,220	0,145	0,141	0,182	0,189	0,192	0,193	0,177	0,213	0,183
Mn	0,006	0,004	0,005	0,007	0,009	0,009	0,008	0,010	0,006	0,004
Mg	4,748	4,911	4,884	4,835	4,846	4,873	4,83	4,867	4,889	4,823
Ca	1,955	1,940	1,964	1,941	1,933	1,940	1,944	1,931	1,913	1,950
Na	0,111	0,041	0,047	0,037	0,051	0,040	0,041	0,036	0,055	0,059
K	0,014	0,007	0,007	0,007	0,012	0,004	0,004	0,010	0,012	0,010
Zn	0,000	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001	0	0,011	0,000	0,001
Cr	0,027	0,012	0,012	0,032	0,031	0,030	0,042	0,046	0,002	0,075
Ni	0,005	0,000	0,007	0,004	0,000	0,007	0,013	0,003	0,009	0,005
F	-0,055	0,000	-0,056	0,000	0,000	0,000	-0,046	0,000	-0,005	-0,019
Cl	-0,001	-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	0,000
Total	15,066	15,053	15,003	15,046	15,071	15,069	15,01	15,071	15,076	15,061
Al IV	0,188	0,073	0,076	0,086	0,112	0,103	0,098	0,130	0,086	0,140
Al VI	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000
(Ca+Na) _B	2,000	1,981	2,000	1,978	1,984	1,980	1,985	1,967	1,968	2,000
Na _B	0,045	0,041	0,036	0,037	0,051	0,040	0,041	0,036	0,055	0,050
(Na+K) _A	0,080	0,007	0,018	0,007	0,012	0,004	0,004	0,010	0,012	0,019
Mg [#]	0,956	0,971	0,972	0,964	0,962	0,962	0,962	0,965	0,958	0,963

Tableau C.5 Composition des amphiboles analysées à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7374-20	97-MH-7385-03A	97-MH-7385-03A	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D	97-MH-7385-03D
Point	1	1	2	1	2	3	4	5	6
Lithologie	Lherz	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil	Chr sil
Groupe amphibole	Na-Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
SiO ₂	46,682	58,697	58,855	58,191	59,088	58,715	58,629	58,83	58,649
TiO ₂	1,578	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Al ₂ O ₃	11,504	0,108	0,082	0,239	0,162	0,192	0,277	0,251	0,173
FeO	1,380	1,480	1,220	3,123	1,217	1,990	1,419	1,304	1,405
MnO	0,109	0,000	0,000	0,002	0	0,000	0,000	0,000	0,000
MgO	28,052	23,704	23,906	22,621	23,871	23,494	23,617	24,032	23,728
CaO	0,455	13,761	13,691	13,557	13,379	13,431	13,646	13,167	13,865
Na ₂ O	5,058	0,004	0,021	0,045	0,044	0,081	0,076	0,068	0,043
K ₂ O	0,085	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,005	0,000
ZnO	0,028	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr ₂ O ₃	1,915	0,000	0,000	0,022	0	0,000	0,069	0,000	0,000
NiO	0,123	0,003	0,064	0,124	0,08	0,145	0,074	0,124	0,131
H ₂ O	2,061	2,202	2,206	2,188	2,21	2,204	2,203	2,207	2,205
F	0,244	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total	99,274	99,959	100,045	100,112	100,051	100,252	100,011	99,988	100,199
Si	6,430	7,993	7,998	7,974	8,017	7,989	7,980	7,992	7,975
Ti	0,163	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Al	1,868	0,017	0,013	0,039	0,026	0,031	0,044	0,040	0,028
Fe	0,159	0,169	0,139	0,358	0,138	0,226	0,162	0,148	0,160
Mn	0,013	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	5,760	4,812	4,843	4,621	4,829	4,765	4,792	4,867	4,810
Ca	0,067	2,008	1,993	1,991	1,945	1,958	1,990	1,917	2,020
Na	1,351	0,001	0,006	0,012	0,012	0,021	0,020	0,018	0,011
K	0,015	0,000	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0,001	0,000
Zn	0,003	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cr	0,209	0,000	0,000	0,002	0	0,000	0,007	0,000	0,000
Ni	0,014	0,000	0,007	0,014	0,009	0,016	0,008	0,014	0,014
F	-0,103	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cl	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Total	15,949	15,000	14,999	15,011	14,976	15,006	15,003	14,997	15,018
Al IV	1,570	0,007	0,002	0,026	0,000	0,011	0,020	0,008	0,025
Al VI	0,298	0,010	0,011	0,013	0,026	0,020	0,024	0,032	0,003
(Ca+Na) _n	1,418	2,000	1,999	2,000	1,957	1,979	2,000	1,935	2,000
Na _n	1,351	0,000	0,006	0,009	0,012	0,021	0,010	0,018	0,000
(Na+K) _n	0,015	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,010	0,001	0,011
Mg#	0,973	0,966	0,972	0,928	0,972	0,955	0,967	0,970	0,968

ANNEXE C.6

ANALYSES DES CARBONATES

Tableau C.6 Composition des carbonates analysés à la microsonde électronique.

Échantillons	97-CD-5638-B	97-CD-5638-B	97-CD-5639-B	97-MH-5642-A	97-MH-5642-A	97-MH-7374-02	97-MH-7374-04
Point	1	2	1	1	2	1	1
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Périd	Périd	Harzb à chro	Harzb à chro
Localisation	Veine	Veine	Veine	Veine (Carbonat.)	Veine (Carbonat.)	.	"Cumulus"
Mg(CO ₃)	38,939	41,090	88,284	87,189	88,259	40,665	44,991
Ca(CO ₃)	52,011	51,760	0,322	0,291	0,267	55,217	50,064
Mn(CO ₃)	1,985	0,757	1,600	0,130	0,168	0,362	0,479
Fe(CO ₃)	4,913	4,569	10,214	11,745	11,018	2,022	3,098
Sr(CO ₃)	n.a.	n.a.	n.a.	0,016	0,019	0,127	0,000
Total	97,248	98,176	100,420	99,371	99,731	98,393	98,632
Mg(CO ₃)	0,892	0,928	1,817	1,815	1,827	0,914	1,002
Ca(CO ₃)	1,003	0,985	0,006	0,005	0,005	1,045	0,940
Mn(CO ₃)	0,023	0,013	0,024	0,002	0,003	0,006	0,008
Fe(CO ₃)	0,082	0,075	0,153	0,178	0,166	0,033	0,050
Sr(CO ₃)	n.a.	n.a.	n.a.	0,000	0,000	0,002	0,000
Total	2,000	2,001	2,000	2,000	2,001	2,000	2,000

Échantillons	97-MH-7374-04	97-MH-7374-05	97-MH-7374-05	97-MH-7374-10	97-MH-7374-10	97-MH-7374-21	97-MH-7374-22
Point	2	1	2	1	2	1	1
Lithologie	Harzb à chro	Lherz à chro	Lherz à chro	Chr Sil	Chr Sil	Harzb à chro	Harzb à chro
Localisation	Veine	"Intercumulus"	Veine	"Intercumulus"	"Intercumulus"	Veine	Veine
Mg(CO ₃)	42,320	43,265	43,025	1,533	1,256	0,758	0,403
Ca(CO ₃)	53,222	53,981	53,515	98,460	99,402	101,040	100,146
Mn(CO ₃)	0,406	0,395	0,475	0,070	0,073	0,195	0,116
Fe(CO ₃)	2,465	3,110	2,812	0,143	0,100	0,323	0,070
Sr(CO ₃)	0,084	0,107	0,131	0,169	0,124	0,043	0,046
Total	98,497	100,858	99,958	100,375	100,955	102,359	100,781
Mg(CO ₃)	0,948	0,947	0,950	0,036	0,029	0,018	0,009
Ca(CO ₃)	1,004	0,996	0,996	1,958	1,966	1,973	1,987
Mn(CO ₃)	0,007	0,006	0,008	0,001	0,001	0,003	0,002
Fe(CO ₃)	0,040	0,050	0,045	0,002	0,002	0,005	0,001
Sr(CO ₃)	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
Total	2,000	2,000	2,001	1,999	2,000	2,000	2,000

ANNEXE C.7

ANALYSES DES SULFURES (Éléments majeurs)

Tableau C.7 Composition des sulfures (éléments majeurs) analysés à la microsonde électronique.

Échantillons	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7371-02	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16
Total	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64	100,64
S	19,83	20,14	20,08	20,13	20,12	20,17	20,19	20,29	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
Fe	2,80	3,85	3,45	4,45	3,64	3,42	4,55	2,86	14,94	14,94	14,94	14,94	14,94	14,94	14,94
Mn	5,39	8,39	8,17	7,90	8,43	8,04	7,99	19,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,06	0,03	0,01	0,02	0,07	0,00	18,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	27,72	22,89	24,35	22,63	23,02	22,86	22,76	18,07	45,31	45,31	45,31	45,31	45,31	45,31	45,31
As	44,89	44,59	45,10	44,48	44,77	44,56	44,55	45,31	101,47	101,47	101,47	101,47	101,47	101,47	101,47
Minéral	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures
Grains	5	6	7	8	9	2	3	10							
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro

Échantillons	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-16	97-MH-7374-16	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1
Total	101,60	103,21	101,91	98,48	99,46	101,16	99,01	102,06	102,33	102,33	102,33	102,33	102,33	102,33	102,33
S	20,28	20,26	18,57	19,15	20,21	19,85	20,21	20,36	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07	3,07
Fe	2,81	3,35	2,63	5,94	4,74	2,62	2,74	3,89	13,72	13,72	13,72	13,72	13,72	13,72	13,72
Mn	14,68	13,74	14,41	12,70	14,34	15,66	12,52	19,52	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	19,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	18,71	20,32	19,08	18,73	17,30	16,63	16,41	45,47	45,47	45,47	45,47	45,47	45,47	45,47	45,47
As	45,12	45,54	42,55	43,92	45,24	44,36	45,32	102,33	102,33	102,33	102,33	102,33	102,33	102,33	102,33
Minéral	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures	Sulfarsénitures
Grains	3	4	5	6	7	8	9	2							
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro

Échantillons	97-MH-7374-16	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1
Total	101,10	99,68	99,89	99,39	100,81	99,93	97,96	99,74	99,96	99,96	99,96	99,96	99,96	99,96	99,96
S	20,19	34,98	35,07	34,92	35,77	35,65	34,61	34,96	34,92	34,92	34,92	34,92	34,92	34,92	34,92
Fe	3,51	30,43	30,44	30,28	0,60	0,58	1,68	30,51	30,61	30,61	30,61	30,61	30,61	30,61	30,61
Mn	15,72	0,03	0,02	0,10	63,80	62,94	61,15	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Cu	0,09	34,15	34,28	34,01	0,00	0,00	0,46	34,20	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33	34,33
Co	16,27	0,00	0,00	0,00	0,63	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	45,32	0,02	0,04	0,05	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Minéral	Sulfarsénitures	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Millérite	Millérite	Millérite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite
Grains	3	4	5a	5b	4	5	6	1	2	2	2	2	2	2	2
Lithologie	Harzb à chro	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Millérite	Millérite	Millérite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite

Tableau C.7 Composition des sulfures (éléments majeurs) analysés à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Minéral	Chalcopyrite	Millérite	Millérite	Millérite	Arséniure	Arséniure	Arséniure	Arséniure	Arséniure
Grains	3	1	2	3	1	10	2	3	4
S	35,04	35,60	35,63	35,79	0,24	0,25	0,42	0,21	0,34
Fe	30,56	0,52	0,49	0,72	0,47	0,59	0,86	0,72	0,65
Ni	0,03	63,51	63,67	63,29	43,84	43,68	42,89	43,08	43,68
Cu	34,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00	0,58	0,51	0,49	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07
As	0,04	0,01	0,03	0,02	54,89	55,25	54,81	54,90	54,99
Total	100,24	100,24	100,40	100,36	99,50	99,76	98,97	98,91	99,71

Échantillons	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Minéral	Arséniure	Arséniure	Arséniure	Arséniure	Arséniure	Sulfoarséniures	Sulfoarséniures	Sulfoarséniures	Sulfoarséniures
Grains	5	6	7	8	9	1	2	3	4
S	0,39	0,39	0,17	0,22	0,28	19,94	19,97	20,03	20,01
Fe	0,60	1,24	0,53	1,00	0,50	2,82	3,77	2,72	3,17
Ni	43,09	43,09	43,59	43,12	43,62	8,21	14,50	9,26	9,23
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	22,49	16,09	20,88	21,33
As	55,52	54,95	55,44	55,15	55,16	44,78	45,23	44,70	44,95
Total	99,60	99,66	99,73	99,49	99,56	98,24	99,56	97,58	98,70

Échantillons	97-MH-7507-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B
Lithologie	Chr Sil	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Minéral	Sulfoarséniures	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Pentlandite	Pentlandite
Grains	5	1	2	3	3	4	1	2	3
S	19,99	34,92	34,74	34,83	34,56	34,83	33,24	33,36	33,14
Fe	2,17	30,32	30,56	30,42	30,71	30,42	29,59	30,10	29,44
Ni	8,31	0,03	0,03	0,16	0,01	0,06	36,76	36,59	36,62
Cu	0,00	33,48	33,67	33,96	33,18	33,38	0,02	0,06	0,15
Co	22,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	44,74	0,03	0,04	0,04	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02
Total	97,94	98,85	99,06	98,86	98,51	98,78	99,70	100,15	99,44

Tableau C.7 Composition des sulfures (éléments majeurs) analysés à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Minéral	Pentlandite	Pentlandite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Violarite
Grains	4	5	1	2	3	4	5	1	2
S	33,21	33,34	53,44	53,41	53,44	53,85	53,15	38,55	39,03
Fe	29,61	29,68	43,75	44,89	45,28	44,81	45,83	29,61	29,15
Ni	36,60	36,52	0,15	0,21	0,03	0,09	0,16	23,75	24,51
Cu	0,17	0,12	0,08	0,03	0,11	0,08	0,06	0,41	0,62
Co	0,00	0,00	2,65	1,25	1,06	1,46	0,24	0,00	0,00
As	0,03	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,00	0,02
Total	99,68	99,75	100,13	99,88	99,97	100,35	99,53	92,33	93,38

Échantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Minéral	Violarite	Violarite	Violarite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	Millérite
Grains	3	4	5	1	2	3	4	5	1
S	38,84	38,28	39,53	34,83	34,69	34,94	34,79	34,95	35,32
Fe	28,93	31,09	29,58	30,22	30,27	30,27	30,44	30,58	1,37
Ni	24,28	21,77	24,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	62,20
Cu	0,18	0,43	0,50	33,79	34,00	33,75	33,82	33,93	0,00
Co	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
As	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02
Total	92,28	91,60	93,73	98,93	99,05	99,10	99,12	99,57	99,41

Échantillons	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Minéral	Millérite	Millérite	Millérite	Millérite	Pentlandite	Pentlandite	Pentlandite	Pentlandite	Pentlandite
Grains	2	3	4	5	1	2	3	4	5
S	35,35	35,31	35,25	35,75	33,14	33,33	33,36	33,27	33,24
Fe	1,48	1,29	1,23	1,32	23,95	25,41	23,24	25,24	26,18
Ni	61,49	61,98	61,77	62,04	41,99	41,12	42,09	40,65	40,12
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,57	0,54	0,51	0,53	0,53	0,03	0,75	0,51	0,58
As	0,01	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,04
Total	98,96	99,20	98,82	99,68	99,72	99,98	99,52	99,75	100,21

Tableau C.7 Composition des sulfures (éléments majeurs) analysés à la microsonde électronique (suite).

Échantillons	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Minéral	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Pyrite-Pyrrhotite	Violarite	Violarite
Grains	1	2	3	4	5	1	2
S	53,42	53,56	53,10	53,87	53,49	23,32	23,81
Fe	45,88	45,14	43,88	44,23	43,38	21,09	26,80
Ni	0,16	0,20	0,15	0,52	0,94	31,15	26,60
Cu	0,01	0,21	0,02	0,00	0,03	1,27	0,95
Co	0,05	0,94	2,10	1,50	2,24	0,40	0,39
As	0,08	0,06	0,52	0,05	0,02	0,02	0,03
Total	99,64	100,20	99,81	100,22	100,15	77,34	78,64

ANNEXE C.8

*ANALYSES DES SULFURES
(Éléments du Groupe du Platine, Cobalt)*

Tableau C.8 Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures.

Echantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Ptl	Vio	Ptl	Vio	Ptl	Ptl	Vio	Ptl	Cpy
Grains	1a	1a	1b	1b	1c	2a	2a	2b	3a
%									
Pd	0,000	0,000	0,004	0,000	0,008	0,015	0,000	0,005	0,005
Rh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Pt	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
Ir	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Os	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,020	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,002	0,000

Echantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Vio	Cpy	Ptl	Py/Po	Vio	Cpy	Py/Po	Cpy	Ptl
Grains	3a	3b	3b	3b	3b	3c	3c	4a	4a
%									
Pd	0,000	0,010	0,004	0,001	0,000	0,000	0,013	0,000	0,005
Rh	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,000
Pt	0,000	0,003	0,011	0,011	0,000	0,014	0,000	0,003	0,003
Ir	0,000	0,004	0,000	0,010	0,000	0,007	0,000	0,009	0,000
Os	0,000	0,000	0,003	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Co	0,000	0,000	0,000	1,295	0,000	0,000	1,054	0,007	0,007

Echantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Cpy	Ptl	Py/Po	Vio	Cpy	Py/Po	Cpy	Ptl	Py/Po
Grains	4b	4b	4b	4b	4c	4c	5a	5a	5a
%									
Pd	0,007	0,000	0,016	0,000	0,000	0,007	0,007	0,000	0,009
Rh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,001
Pt	0,002	0,006	0,000	0,000	0,000	0,004	0,007	0,000	0,004
Ir	0,008	0,005	0,007	0,000	0,006	0,011	0,013	0,000	0,001
Os	0,002	0,000	0,008	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,022	0,924	0,000	0,000	0,070	0,000	0,034	0,020

Tableau C.8 Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures (suite).

Échantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Ptl	Py/Po	Ptl	Py/Po	Vio	Cpy	Py/Po	Cpy	Py/Po
Grains	3a	3a	5b	5b	5b	5c	5c	3a	3a
%									
Pd	0,000	0,007	0,003	0,013	0,000	0,001	0,014	0,009	0,014
Rh	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,002
Pt	0,000	0,004	0,000	0,003	0,000	0,005	0,010	0,004	0,001
Ir	0,001	0,018	0,000	0,008	0,000	0,010	0,004	0,000	0,003
Os	0,002	0,011	0,005	0,005	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003
Co	0,000	0,000	0,039	0,428	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Échantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Py/Po	Vio	Ptl	Py/Po	Cpy	Ptl	Py/Po	Cpy	Ptl
Grains	4a	4a	4a	4a	4b	4b	4b	4c	4c
%									
Pd	0,009	0,000	0,000	0,012	0,003	0,000	0,010	0,000	0,000
Rh	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000
Pt	0,003	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
Ir	0,008	0,000	0,000	0,006	0,012	0,000	0,006	0,002	0,000
Os	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,004	0,000	0,002
Co	0,202	0,000	0,923	1,429	0,000	1,155	1,667	0,000	1,036

Échantillons	96-CD-5638-B	96-CD-5638-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B	96-CD-5639-B
Lithologie	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Vio	Cpy	Cpy	Mil	Ptl	Py/Po	Cpy	Mil	Py/Po
Grains	5a	5b	5b	5b	5b	5b	5c	5c	5c
%									
Pd	0,000	0,003	0,014	0,020	0,000	0,012	0,003	0,013	0,006
Rh	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,004	0,002	0,001	0,001
Pt	0,000	0,007	0,003	0,000	0,000	0,016	0,000	0,004	0,005
Ir	0,000	0,011	0,007	0,007	0,000	0,005	0,008	0,003	0,011
Os	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,011
Co	0,000	0,000	0,000	0,660	0,784	0,804	0,000	0,625	1,469

Tableau C.8 Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures (suite).

Échantillons	96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B	
	Filon Sf	Cpy	Filon Sf	Cpy	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po
Lithologie																		
Sulfure																		
Grains																		
%																		
Pd	0,005	0,010	0,007	0,007	0,009	0,008	0,008	0,008	0,000	0,000	0,008	0,008	0,000	0,008	0,004	0,012	0,004	0,012
Rh	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,004	0,004	0,004	0,001	0,001	0,004	0,004	0,001	0,004	0,001	0,013	0,001	0,013
Pt	0,001	0,004	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,004	0,000	0,004
Ir	0,000	0,011	0,010	0,010	0,006	0,007	0,007	0,007	0,004	0,004	0,007	0,012	0,003	0,003	0,006	0,006	0,003	0,006
Os	0,000	0,002	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	1,757	0,000	0,000	1,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,515	0,444	0,444	0,000	0,000	0,000	0,000

Échantillons	96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B		96-CD-5639-B	
	Filon Sf	Cpy	Filon Sf	Cpy	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Py/Po
Lithologie																		
Sulfure																		
Grains																		
%																		
Pd	0,012	0,000	0,003	0,003	0,000	0,002	0,002	0,002	0,006	0,006	0,010	0,010	0,012	0,012	0,046	0,046	0,012	0,046
Rh	0,000	0,002	0,000	0,000	0,001	0,004	0,004	0,004	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,008	0,026	0,026	0,008	0,026
Pt	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007	0,007	0,007	0,002	0,002	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000
Ir	0,007	0,006	0,002	0,002	0,000	0,013	0,013	0,013	0,014	0,014	0,009	0,009	0,009	0,009	0,012	0,012	0,009	0,012
Os	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,000	0,006
Co	0,729	0,000	0,637	0,637	0,000	2,091	2,091	2,091	0,532	0,532	0,000	0,000	1,153	1,153	0,000	0,000	0,000	0,000

Échantillons	97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1		97-JC-5557-D1	
	Chr Sil	Cpy (nodule)	Chr Sil	Mil (inc)	Chr Sil	Py/Po	Chr Sil	Py/Po	Chr Sil	Py/Po	Chr Sil	Py/Po	Chr Sil	Py/Po	Chr Sil	Py/Po	Chr Sil	Py/Po
Lithologie																		
Sulfure																		
Grains																		
%																		
Pd	0,000	0,000	0,013	0,013	0,003	0,001	0,003	0,001	0,061	0,061	0,000	0,000	0,013	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000
Rh	0,001	0,001	0,007	0,007	0,001	0,015	0,015	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,000	0,000	0,003	0,003
Pt	0,010	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ir	0,022	0,012	0,013	0,013	0,000	0,013	0,013	0,013	0,000	0,000	0,009	0,009	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Os	0,000	0,000	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,000	0,615	0,615	0,442	0,000	0,000	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,147	1,147	0,000	0,000	1,071	1,071

Tableau C.8 Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures (suite).

Echantillons	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-JC-5557-D1	97-MH-7374-20
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Sulfure	Cpy (nodule)	Mil (inc)	Cpy (inc)	Cpy/Ptl (inc)	Mil (nodule)	Mil (nodule)	Mil (inc)	Mil (inc)	Harzb à chro
Grains	3	3	4						SAs
%									11
Pd	0,000	0,003	0,015	0,007	0,018	0,009	0,013	0,014	0,000
Rh	0,001	0,007	0,032	0,007	0,001	0,000	0,009	0,005	0,000
Pt	0,000	0,008	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ir	0,009	0,009	0,017	0,005	0,008	0,003	0,013	0,019	0,015
Os	0,000	0,000	0,010	0,000	0,015	0,008	0,013	0,001	0,000
Co	0,000	0,539	0,239	0,553	0,584	0,567	0,559	0,525	n.a.

Echantillons	97-MH-7374-07	97-MH-7374-07	97-MH-7374-08	97-MH-7374-08	97-MH-7374-09	97-MH-7374-09	97-MH-7374-10	97-MH-7374-11	97-MH-7384-20A
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr Sil
Sulfure	Ptl	SAs	Ptl	SAs	Ptl	SAs	SAs	Ptl (inc ds chro)	Ptl
Grains	1	1	5	1b	6	2a	2b	2a	6
%									
Pd	0,000	0,192	0,000	0,120	0,000	0,104	0,125	0,000	0,002
Rh	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,101	0,001
Pt	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,006
Ir	0,005	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Os	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000
Co	1,114	n.a.	0,352	n.a.	2,067	n.a.	n.a.	0,000	0,688

Echantillons	97-MH-7374-13	97-MH-7374-14	97-MH-7374-14	97-MH-7374-15	97-MH-7374-16	97-MH-7374-17	97-MH-7374-18	97-MH-7374-19	97-MH-7384-M1
Lithologie	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Harzb à chro	Chr Sil
Sulfure	SAs	Ptl (inc ds chro)	SAs	SAs	SAs	SAs	SAs	SAs	Mil
Grains	4	4	5	6	7	8	9	10	5c
%									
Pd	0,030	0,000	0,000	0,000	0,060	0,271	0,580	0,000	0,012
Rh	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pt	0,000	0,000	0,001	0,007	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
Ir	0,007	0,000	0,000	0,002	0,012	0,000	0,000	0,000	0,008
Os	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
Co	n.a.	1,040	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,821

Tableau C.8 Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures (suite).

Échantillons	97-MH-7374-21	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A
Lithologie	Harzb à chro	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Sulfure	SAs	Cpy	Ptl	Cpy	Ptl	Cpy	Ptl	Cpy	Ptl
Grains	12	1	1	2	2	3	3	4	4
%									
Pd	0,000	0,009	0,010	0,008	0,002	0,010	0,007	0,002	0,010
Rh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000
Pt	0,000	0,005	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,003	0,000
Ir	0,000	0,021	0,000	0,008	0,000	0,000	0,003	0,002	0,001
Os	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	n.a.	0,000	0,617	0,000	0,600	0,000	0,714	0,000	0,709

Échantillons	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Sulfure	Cpy	Mil	Cpy	Mil	Cpy	Mil	Cpy	Mil	Cpy
Grains	4a	4a	4b	4b	4c	4c	5a	5a	5b
%									
Pd	0,004	0,000	0,009	0,010	0,004	0,008	0,001	0,010	0,000
Rh	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
Pt	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005	0,003	0,008	0,000	0,000
Ir	0,012	0,000	0,004	0,009	0,019	0,004	0,008	0,007	0,008
Os	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,000	0,000	0,760	0,000	0,727	0,000	0,833	0,000

Échantillons	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Sulfure	Cpy	Mil	Cpy	Mil	Cpy	Ars	SAs	Ars	SAs
Grains	6a	6a	6b	6b	6c	1	1	2	2
%									
Pd	0,000	0,000	0,001	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rh	0,003	0,056	0,001	0,007	0,000	0,003	0,000	0,001	0,000
Pt	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,002	0,019	0,000
Ir	0,008	0,000	0,010	0,004	0,000	0,007	0,000	0,004	0,000
Os	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,210	0,000	0,647	0,000	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tableau C.8 Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures (suite).

Échantillons	97-MH-7384-20A	97-MH-7384-20A	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil	Chr Sil
Sulfure	Cpy	Ptl	Ars	SAs	Ars	SAs	Ars	Ars	Ars
Grains	5	5	4	4	5	5	6	7	8
%									
Pd	0,004	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rh	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,002
Pt	0,000	0,000	0,022	0,000	0,017	0,000	0,029	0,028	0,030
Ir	0,001	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,005	0,014	0,006
Os	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Co	0,000	0,700	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Échantillons	97-MH-7384-M1	97-MH-7384-M1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Mil	Cpy	Cpy	Cpy	Mil	Py/Po	Vio	Cpy	Mil
Grains	5b	5c	1	2	2	2	2	3	3
%									
Pd	0,019	0,012	0,006	0,000	0,017	0,003	0,000	0,000	0,010
Rh	0,000	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pt	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,007
Ir	0,000	0,011	0,003	0,013	0,020	0,013	0,000	0,009	0,011
Os	0,008	0,000	0,000	0,000	0,011	0,010	0,000	0,003	0,008
Co	0,864	0,000	0,000	0,000	0,269	0,525	0,000	0,014	0,272

Échantillons	97-MH-7507-B	97-MH-7507-B	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1	97-MH-S1
Lithologie	Chr Sil	Chr Sil	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf	Filon Sf
Sulfure	Ars	SAs	Mil	Py/Po	Cpy	Mil	Py/Po	Cpy	Cpy
Grains	3	3	5	5	6	6	6	7	8
%									
Pd	0,000	0,000	0,012	0,000	0,004	0,011	0,006	0,000	0,005
Rh	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002
Pt	0,019	0,004	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004
Ir	0,005	0,000	0,015	0,000	0,008	0,005	0,019	0,002	0,006
Os	0,000	0,000	0,010	0,011	0,000	0,018	0,015	0,000	0,000
Co	n.a.	n.a.	0,291	1,460	0,000	0,287	0,184	0,000	0,000

Tableau C.8 Concentration en platinoïdes en solution solide dans les différents sulfures (suite).

Échantillons	97-MH-7507-B		97-MH-7507-B		97-MH-S1		97-MH-S1	
	Chr Sif	Ars	Chr Sif	Ars	Filon Sf	Mil	Filon Sf	Py/Po
Lithologie								
Sulfure								
Grains	9	10			1		1	1
%								
Pd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011		0,009	0,000
Rh	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001		0,001	0,000
Pt	0,022	0,023	0,023	0,023	0,000		0,011	0,000
Ir	0,007	0,005	0,005	0,005	0,000		0,009	0,000
Os	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005		0,011	0,000
Co	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,289		1,559	0,000

Échantillons	97-MH-S1		97-MH-S1		97-MH-S1		97-MH-S1	
	Filon Sf	Py/Po	Filon Sf	Cpy	Filon Sf	Mil	Filon Sf	Py/Po
Lithologie								
Sulfure								
Grains	3	4	4	4	4		4	5
%								
Pd	0,000	0,002	0,002	0,002	0,021		0,007	0,001
Rh	0,000	0,003	0,003	0,003	0,000		0,003	0,001
Pt	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,012
Ir	0,007	0,009	0,009	0,009	0,013		0,007	0,001
Os	0,008	0,000	0,000	0,000	0,005		0,010	0,000
Co	1,131	0,018	0,018	0,018	0,291		0,971	0,000

Échantillons	97-MH-S1		97-MH-S1	
	Filon Sf	Cpy	Filon Sf	Cpy
Lithologie				
Sulfure				
Grains	9	10		
%				
Pd	0,000	0,000	0,000	0,000
Rh	0,000	0,003	0,003	0,003
Pt	0,003	0,008	0,008	0,008
Ir	0,000	0,000	0,000	0,000
Os	0,000	0,003	0,003	0,003
Co	0,000	0,006	0,006	0,006

ANNEXE D

MÉTHODE ANALYTIQUE

LISTE D'ÉCHANTILLONS, LES LIMITES DE DÉTECTION, LES MÉTHODES
ANALYTIQUES ASSOCIÉES AUX ANALYSES GÉOCHIMIQUES ET
LES CONDITIONS D'OPÉRATION, LES STANDARDS UTILISÉS, LES LIMITES
DE DÉTECTION ET LES COMPOSITIONS DES STANDARDS ASSOCIÉES
AUX ANALYSES MINÉRALOGIQUES

D.1 LISTE DES ÉCHANTILLONS

La section qui suit présente la liste de tous les échantillons recueillis lors des périodes de cartographie en 1997-1998. Le tableau D.1 indique les lames minces effectuées, le type d'analyse effectué, la méthode analytique utilisée ainsi que le type de préparation effectué sur chaque échantillon recueilli.

ABBREVIATIONS

AFF = Affleurement

Indice = Indice de Ressources minière Pro-Or

LM = Lames minces polies

X = Échantillons

#d'analyse = Numéro d'analyse du laboratoire

* = Spectre complet pour les platinoïdes

- Préparation des échantillons

BR = type de broyage pour pulvériser l'échantillon

A = Mortier en agate

W = Anneaux ou billes de carbure de tungstène

P = Meules de fer-manganèse

· F = Meules de ferrochrome

- Types d'analyses lithogéochimiques

CRM = Centre de recherche minérale, gouvernement du Québec

- A3 = Éléments traces dosés par spectrométrie d'émission atomique à source plasma
- A4 = Éléments traces dosés par fluorescence des rayons X
- A6 = Éléments traces dosés par activation neutronique
- A10 = Ensemble des composés : FeO et S
- A11 = Éléments du groupe du platine dosés par spectrométrie d'émission atomique à source plasma
- A14 = Éléments majeurs dosés par fluorescence des rayons X
- B13 = Carbone total exprimé sous la forme de CO₂ dosé par Leco CR-12
- B14 = Chrome dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique
- ATR = Terres rares dosées par activation neutronique instrumentale

INRS-Géo = INRS-Géoressources (Institut National de Recherche Scientifique, U. du Québec)

- MAJ = Éléments majeurs dosés par ICP-AES
- Tr = Éléments traces dosés par ICP-AES et ICP-MS
- HFSE = Éléments traces dosés par ICP-MS
- TR = Terres rares dosées par ICP-MS
- ÉGP = Éléments du groupe du platine dosés par ICP-MS

Tableau D.1 Liste des échantillons du Complexe de Menarik
ayant fait l'objet d'une ou plusieurs analyses chimiques.

ÉCHANTILLONS	AFF	INDICE	LM	ANALYSES											# D'ANALYSE	BR	
				LITHOGÉOCHIMIQUES													
				CRM						INRS-GÉO.							
				A14	A3	A4	A6	ATR	A10	A11	MAJ	TR	HFSE	TR			EGP
96 CD 5098	97-MH-7385	Cr-1	X	X	X	X	X		X	X*						96010505	W-P
96 CD 5093-A	97-MH-7372	Cr-31	X	X	X	X	X		X	X*						96010502	W-P
96 CD 5096-B	97-MH-7374	Cr-17-20	X	X	X	X	X		X	X						96010501	W-P
96 CD 5097-B1	97-MH-7374	Cr-17-20	X	X	X	X	X		X	X*						96010503	W-P
96 CD 5097-B2	97-MH-7374	Cr-17-20	X	X	X	X	X		X	X*						96010504	W-P
96 CD 5099-B	97-MH-7384	Cr-16-18-19	X	X	X	X	X		X	X*						96010506	W-P
96 CD 5099-C1	97-MH-7384	Cr-16-18-19	X	X	X	X	X		X	X*						96010507	W-P
96 CD 5112-B2	97-MH-7371	Cr-8	X	X	X	X	X		X	X*						96010508	W-P
96 CD 5112-C	97-MH-7371	Cr-8	X	X	X	X	X		X	X*						96010509	W-P
96 CD 5113-C	97-MH-7499	Cr-7	X	X	X	X	X		X	X*						96010510	W-P
96 CD 5114-B1	97-MH-7495	Cr-5	X	X	X	X	X		X	X*						96010514	W-P
96 CD 5114-C1	97-MH-7495	Cr-5	X	X	X	X	X		X	X*						96010511	W-P
96 CD 5115-C1	97-MH-7494	Cr-2	X	X	X	X	X		X	X*						96010512	W-P
96 CD 5115-C2	97-MH-7494	Cr-2	X	X	X	X	X		X	X*						96010513	W-P
96 CD 5115-D	97-MH-7494	Cr-2	X	X	X	X	X		X	X*						96010516	W-P
96 CD 5116-C	97-MH-7490	Cr-4	X	X	X	X	X		X	X*						96010515	W-P
97 CD 5638-B	98-MH-4212	S-22	X	X	X	X	X		X	X*						97015124	W-P
97 CD 5639-B	97-MH-7490	S-1	X	X	X	X	X		X	X*						97015126	W-P
97 CD 5642-A1	97-MH-7460	Cr-13	X	X	X	X	X		X	X						97015189	W-P
97 CD 5642-B	97-MH-7460	Cr-13	X	X	X	X	X		X	X						97015170	W-P
97 JC 5096-A	97-MH-7374	Cr-17-20	X	X	X			X								97012879	W-P
97 JC 5096-B	97-MH-7374	Cr-17-20	X														
97 JC 5096-C	97-MH-7374	Cr-17-20	X														
97 JC 5096-D	97-MH-7374	Cr-17-20	X														
97 JC 5096-E	97-MH-7374	Cr-17-20	X														
97 JC 5096-F	97-MH-7374	Cr-17-20	X														
97 JC 5096-G	97-MH-7374	Cr-17-20	X														
97 JC 5096-H	97-MH-7374	Cr-17-20	X	X	X			X							97012880	W-P	
97 JC 5098-A	97-MH-7385	Cr-1	X														
97 JC 5098-B	97-MH-7385	Cr-1	X														
97 JC 5098-C	97-MH-7385	Cr-1	X														
97 JC 5098-D	97-MH-7385	Cr-1	X	X	X			X							97012881	W-P	
97 JC 5098-E	97-MH-7385	Cr-1	X	X	X			X							97012882	W-P	
97 JC 5098-F	97-MH-7385	Cr-1	X	X	X			X							97012883	W-P	
97 JC 5098-G	97-MH-7385	Cr-1	X	X	X			X							97012884	W-P	
97 JC 5099-A	97-MH-7384	Cr-16-18-19	X														
97 JC 5099-B	97-MH-7384	Cr-16-18-19	X	X	X			X							97012885	W-P	
97 JC 5099-C	97-MH-7384	Cr-16-18-19	X														
97 JC 5099-E	97-MH-7384	Cr-16-18-19	X	X	X			X							97012886	W-P	
97 JC 5112-A	97-MH-7371	Cr-8	X														
97 JC 5112-B	97-MH-7371	Cr-8	X	X	X			X							97012887	W-P	
97 JC 5112-C	97-MH-7371	Cr-8	X														
97 JC 5112-D	97-MH-7371	Cr-8	X	X	X			X							97012888	W-P	
97 JC 5113-A	97-MH-7499	Cr-7	X	X	X			X							97012889	W-P	
97 JC 5113-B	97-MH-7499	Cr-7	X														
97 JC 5114-A	97-MH-7495	Cr-5	X	X	X			X							97012890	W-P	
97 JC 5114-B	97-MH-7495	Cr-5	X														
97 JC 5114-C	97-MH-7495	Cr-5	X														
97 JC 5115-A	97-MH-7494	Cr-2	X														
97 JC 5115-C1	97-MH-7494	Cr-2	X	X	X			X							97012891	W-P	
97 JC 5115-C2	97-MH-7494	Cr-2	X														
97 JC 5115-D	97-MH-7494	Cr-2	X														
97 JC 5115-E	97-MH-7494	Cr-2	X	X	X			X							97012892	W-P	
97 JC 5115-F	97-MH-7494	Cr-2	X														
97 JC 5115-G	97-MH-7494	Cr-2	X	X	X			X							97012893	W-P	
97 JC 5115-H	97-MH-7494	Cr-2	X														
97 JC 5115-I	97-MH-7494	Cr-2	X														
97 JC 5116-A	97-MH-7490	Cr-4	X														
97 JC 5116-B	97-MH-7490	Cr-4	X														
97 JC 5116-C	97-MH-7490	Cr-4	X														
97 JC 5116-D	97-MH-7490	Cr-4	X														
97 JC 5116-F	97-MH-7490	Cr-4	X	X	X			X							97012894	W-P	
97 JC 5557-A	97-MH-7372	Cr-31	X														
97 JC 5557-B1	97-MH-7372	Cr-31	X														
97 JC 5557-B2	97-MH-7372	Cr-31	X														
97 JC 5557-B3	97-MH-7372	Cr-31	X														
97 JC 5557-C	97-MH-7372	Cr-31	X														
97 JC 5557-D1	97-MH-7372	Cr-31	X	X	X			X							97012895	W-P	

Tableau D.1 Liste des échantillons du Complexe de Menarik
ayant fait l'objet d'une ou plusieurs analyses chimiques.

ÉCHANTILLONS	AFF	INDICE	LM	ANALYSES												# D'ANALYSE	BR
				LITHOGÉOCHIMIQUES													
				CRM						INRS-GÉO.							
				A14	A3	A4	A6	ATR	A10	A11	MAJ	TR	HFSE	TR	EGP		
97 MH 1K-88-18-B1	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015060	W-P
97 MH 1K-88-18-B1	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015059	W-P
97 MH 1K-88-18-B2	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015055	W-P
97 MH 1K-88-18-B2	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015054	W-P
97 MH 1K-88-18-B	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015058	W
97 MH 1K-88-18-B	forage		X	X	X	X	X		X	X			X			97015057	W-P
97 MH 1K-88-18-B	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015056	W-P
97 MH MK-88-2-B5	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015066	W-P
97 MH MK-88-8-B1	forage		X	X	X	X	X		X	X						97015068	W-P
98 MH 4055	98-MH-4055		X														
98 MH 4089	98-MH-4089	Cr-10	X														
98 MH 4107	98-MH-4107		X														
98 MH 4212	98-MH-4212		X														
98 MH 4215	98-MH-4215		X														
98 MH 4216	98-MH-4216		X	X	X	X	X		X							98018762	A
98 MH 7421	97-MH-7421		X	X	X	X	X		X							98018756	A
98 MH 7443	97-MH-7443		X	X	X	X	X		X							98018752	A
98 MH 7463	97-MH-7463		X	X	X	X	X		X				X			98018759	A
98 MH 7494	97-MH-7494	Cr-2	X														
98 MH 7499	97-MH-7499	Cr-7	X	X	X	X	X		X							98018753	A
98 MH 4083-A	98MH-4083		X	X	X	X	X		X				X			98018763	A
98 MH 4083-B	98MH-4083		X	X	X	X	X		X							98018761	A
98 MH 4104-A1	98-MH-4104		X	X	X	X	X		X				X			98018760	A
98 MH 4104-B	98-MH-4104		X	X	X	X	X		X							98018754	A
98 MH 4117-A2	98-MH-4117		X	X	X	X	X		X							98018764	A
98 MH 7392-C1	97-MH-7392		X	X	X	X	X		X							98018758	A
98 MH 7392-C2	97-MH-7392		X	X	X	X	X		X							98018751	A
98 MH 7490 S1 N	97-MH-7490	Cr-4	X														
98 MH 7490 S1 S	97-MH-7490	Cr-4	X														
98 MH 7490-A	97-MH-7490	Cr-4	X	X	X	X	X		X				X			98018755	A
98 MH 7507-C	97-MH-7507	Cr-28-29	X	X	X	X	X		X							98018757	A

D.2 Limites de détection

Cette section comprend les limites de détection pour tous les éléments majeurs et traces analysés au laboratoire du Centre de Recherche Minérale (Tableau D.2) et au laboratoire de l'INRS-Géoressources (Tableau D.3). Seules les limites de détection des éléments du groupe du platine pour les sections détaillées ne sont pas comprises dans l'annexe D.2. Elles seront incluses dans l'annexe D.3.2, où la méthode de dosage et de mise en solution des ÉGP sera décrite en détail.

Tableau D.2 Limites de détection pour les analyses effectuées au CRM.

A3	
Éléments	Limite de détection
Ba	1 ppm
Be	1 ppm
Cd	2 ppm
Ce	3 ppm
Co	3 ppm
Cu	1 ppm
Dy	1 ppm
Eu	1 ppm
La	2 ppm
Li	1 ppm
Mo	4 ppm
Nd	25 ppm
Ni	1 ppm
Pb	12 ppm
Pr	10 ppm
Sm	2 ppm
V	2 ppm
Zn	2 ppm

A4	
Éléments	Limite de détection
Sn	10 ppm
Ga	3 ppm
Nb	3ppm
Rb	3 ppm
Sr	3 ppm
Ta	5 ppm
Te	10 ppm
Th	3 ppm
Y	3 ppm
Zr	3 ppm

A14	
Éléments	Limite de détection
SiO ₂	0,04%
Al ₂ O ₃	0,02%
Fe ₂ O ₃ (tot.)	0,02%
MgO	0,05%
CaO	0,02%
Na ₂ O	0,10%
K ₂ O	0,01%
TiO ₂	0,01%
MnO	0,01%
P ₂ O ₅	0,01%
Cr ₂ O ₃	0,01%
V ₂ O ₅	0,01%
ZrO ₂	0,01%

ATR	
Éléments	Limite de détection
Ce	2 ppm
Cs	0,2 ppm
Eu	0,1 ppm
Gd	5 ppm
Hf	0,2 ppm
Ho	0,5 ppm
La	0,5 ppm
Lu	0,05 ppm
Nd	2 ppm
Sm	0,05 ppm
Sc	0,02 ppm
Ta	0,1 ppm
Tb	0,1 ppm
Th	0,05 ppm
Tm	0,2 ppm
U	0,5 ppm
Yb	0,2 ppm

A6	
Éléments	Limite de détection
Sb	0,1 ppm
As	1 ppm
Br	1 ppm
Cs	1 ppm
Au	5 ppb
Se	10 ppm
Tm	2 ppm
W	1 ppm
U	0,2 ppm

A10	
Éléments	Limite de détection
FeO	< 0,01 %
Soufre	< 0,01 %

B-13	
Élément	Limite de détection
CO ₂	0,01%

B-14	
Élément	Limite de détection
Cr	20 ppm

A11	
Élément	Limite de détection
Pd	6 ppb
Pt	6 ppb
Rh	6 ppb
Ru	n.d.
Ir	n.d.
Os	n.d.

Tableau D.3 Limites de détection pour les analyses effectuées
au laboratoire de INRS-Géoressources.

ICP-AES		
	Na ₂ O ₂	Métborate Li
	%	%
Na ₂ O	-	0,0040
Al ₂ O ₃	0,0010	0,0100
MgO	0,0020	0,0080
P ₂ O ₅	-	0,0030
SiO ₂	0,7200	0,0140
TiO ₂	0,0001	0,0001
MnO	0,0003	0,0001
K ₂ O	0,3000	0,0040
CaO	0,0030	0,0004
Fe ₂ O _{3t}	0,0020	0,0025
S	-	0,0030

ICP-AES		
	Na ₂ O ₂	Métborate Li
	%	%
	ppm	ppm
Cr	33,92	12,410
Ni	15,04	2,820
Cu	0,05	1,080
Zn	1,61	0,250
Co	-	11,350
Cd	-	0,100
Sc	-	0,150
V	2,97	0,500

ICP-MS			
Limite	Dilution 10000	Dilution 5000	Dilution 500
	Na ₂ O ₂	Métaborate Li	Digestion acide
	ppm	ppm	ppm
Rb	0,0357	0,0178	0,0030
Sr	0,2403	0,1202	0,0200
Y	0,2659	0,1329	0,0200
Zr	0,0421	0,0210	0,0100
Nb	0,0537	0,0268	0,0200
Cs	0,0906	0,0453	0,0030
Ba	0,0699	0,0350	0,0200
La	0,0163	0,0082	0,0020
Ce	0,0181	0,0090	0,0020
Pr	0,0031	0,0016	0,0005
Nd	0,0088	0,0044	0,0020
Sm	0,0257	0,0128	0,0020
Eu	0,0035	0,0017	0,0010
Gd	0,0419	0,0210	0,0050
Tb	0,0109	0,0054	0,0010
Dy	0,0086	0,0043	0,0020
Ho	0,0024	0,0012	0,0001
Er	0,0122	0,0061	0,0020
Tm	0,0017	0,0008	0,0005
Yb	0,0054	0,0027	0,0020
Lu	0,0013	0,0007	0,0005
Hf	0,0102	0,0051	0,0020
Ta	0,0039	0,0019	0,0005
Pb	0,0240	0,0120	0,0050
Th	0,0065	0,0033	0,0020

D.3 Méthodes analytiques utilisées pour l'analyse en spectrométrie de masse à source plasma

Les méthodes analytiques qui seront détaillées dans cette section sont: la mise en solution par digestion acide et le dosage et la mise en solution des platinoïdes. Ces méthodes analytiques ont été effectuées dans le cadre de ce mémoire de maîtrise.

D.3.1 Digestion acide (TR)

La digestion acide consiste à mettre en solution des roches par l'entremise d'acides ultrapures. Cette technique de mise en solution des échantillons a été développée à l'Université de Montpellier II (CNRS) et par la suite modifiée par Dr. Marc Richer-Lafèche au laboratoire de INRS-Géoressources.

D.3.1.1 Décontamination des bombes

- 1) Mettre environ 5 ml d'acide nitrique Reagent HNO_3 dans les bombes de téflon Savillex;
- 2) Refermer les bombes et laisser chauffer sur une plaque chauffante pendant environ 1 heure ($\sim 140^\circ\text{C}$).

D.3.1.2 Mise en solution des poudres de roches

Cette procédure est effectuée pour des roches ultramafiques qui sont susceptibles de contenir une proportion appréciable d'oxyde comme la chromite. Il est à noter que si la proportion de chromite est trop importante, les échantillons devront être insérés dans des bombes à haute pression pendant environ 5 jours. Pour des roches mafiques comme des basaltes ou des gabbros (moins de phases réfractaires comme la chromite), l'acide HClO_4 peut être remplacé par de l'eau régale (HCl/HNO_3). Par contre, le HF doit toujours être utilisé pour pouvoir détruire les silicates (volatilisation de la Si).

1^{ère} attaque:

- Prendre 100 mg de poudre de roche en y ajoutant quelques gouttes d'eau (milliQ) pour amalgamer la poudre en une gouttelette visqueuse
- Ajouter 1,0 ml de HClO₄ Seastar suivi de 2,5 ml HF Seastar - On peut ajouter quelques millilitres (~3) d'eau « ultrapure » pour homogénéiser le fond de la bombe de téflon
- Fermer les bombes
- Agiter la bombe pour bien mélanger les acides et la poudre
- Laisser les bombes Savillex ~24 h sur une plaque chauffante, ~120° C

Évaporation:

- Refroidir les bombes à la T° de la pièce
- Ouvrir les
- Ajouter de l'eau (milliQ) sur le couvercle pour maximiser la récupération de l'échantillon
- Transvider l'eau à l'intérieur de la bombe de téflon
- Évaporer à ~140°C jusqu'à l'obtention d'une pâte visqueuse (presque sèche) ~ 15-16 h, taper régulièrement la bombe pour faire disparaître les petites gouttelettes d'acide perchlorique sur les bordures de la bombe Savillex

2^e attaque:

- Ajouter 0,5 ml de HClO₄ Seastar (d'abord) et 1,0 ml de HF (ensuite) Seastar

Il est important de rincer le couvercle pour récupérer les gouttes de condensation sur les parois

Évaporation:

- Évaporer l'échantillon jusqu'à l'obtention d'une pâte visqueuse (presque sèche) ~ 7-8 h, taper régulièrement la bombe pour faire disparaître les petites gouttelettes d'acide sur les bordures de la bombe Savillex

3^e attaque:

- Ajouter 0,5 ml de HClO₄ Seastar

Évaporation: - Évaporer jusqu'à l'obtention d'une pâte visqueuse (presque sèche) ~ 4 h (pousser un peu plus l'évaporation)

4° attaque: - Ensuite ajouter 0,25 ml de HClO₄ Seastar

Évaporation: - Évaporer jusqu'à l'obtention d'une pâte visqueuse (presque sèche) ~ 4 h (pousser un peu plus l'évaporation)

5° attaque: - Ajouter 0,25 ml de HClO₄ Seastar

Évaporation: - Évaporer jusqu'à l'obtention d'une pâte visqueuse (presque sèche) ~ 4 h (pousser un peu plus l'évaporation)

Attention de ne pas surchauffer

Cette étape est fondamentale car elle permet la destruction des composés de fluorure de calcium qui peuvent complexer fortement les éléments traces comme le Zr, l'Hf, le Nb et le Ta. Ainsi, en chauffant les bombes à ~140°C, les surplus de fluorure de calcium (CaF) et d'acide fluorhydrique (HF) quittent la bombe car le point d'ébullition (170-180°C) de l'acide perchlorique (HClO₄) est plus élevé que celui du HF. En plus il faut faire très attention de ne pas dépasser 200°C car les bombes de téflon vont fondre.

D.3.1.3 Analyse à spectrométrie de masse à source plasma (ICP-MS)

Transfert pour l'analyse:

Reprendre l'échantillon à sec et mouiller avec un peu d'eau ultrapure et ajouter 1,0 ml d'acide nitrique (HNO₃) et 0,25 ml d'acide chloridrique (HCl) Seastar. Jauger à 50 ml pour obtenir une solution acide à 2,5 % pour le passage à l'ICP-MS.

D.3.1.4 Évolution de la qualité des analyses des roches

Avant d'interpréter les données géochimiques, il est important de vérifier si les valeurs analyses chimiques sont fiables. Une façon simple d'évaluer la qualité des données est de comparer les résultats de l'analyse du standard certifié à ceux généralement admis dans la littérature pour ce même standard. Une autre façon de vérifier la qualité de nos analyses est d'examiner la pureté des blancs analytiques. Les blancs analytiques permettent d'évaluer la présence de contaminant reliés à l'utilisation de certains réactifs (eau, acides, etc.), du matériel employé (vaisselle, instrument, etc.) et bien sûr de l'environnement dans lequel les analyses ont pu être préparées (poussières, aérosols, etc.).

Les éléments traces analysés par ICP-MS, suite à différentes méthodes de digestion (fusion au métaborate de lithium, fusion au peroxyde de sodium et attaque acide), sont les terres rares, les éléments à fort champ ionique et le Pb. La figure D.1 présente une comparaison des valeurs de la littérature et celles obtenues pour un standard certifié, Bir-1 (un basalte), pour les différentes mises en solution des poudres de roche. Les échantillons attaqués au métaborate de lithium sont les plus nombreux et correspondent à des roches ultramafiques (péridotites et pyroxénites). Les échantillons attaqués au peroxyde de sodium sont des roches riches en chromite (chromitites, chromitites à silicates et péridotites à chromite). L'utilisation de ces deux méthodes de digestion causent des problèmes sur les éléments comme le Cs, le Rb, le Th, le Ta, le Nb et l'Hf. Ces éléments ne seront pas utilisés compte tenu du signal trop faible, des blancs analytiques ou de la différence importante entre l'analyse du standard certifié et les valeurs certifiées. Le Ba et le Sr ne seront pas utilisés dans le cas de la fusion au peroxyde de sodium à cause d'une interférence avec le Zr. Dans ces échantillons, le Zr n'a pas été dosé car les creusets utilisés pour la fusion au peroxyde de sodium sont en zirconium. Cependant, les TR montrent des valeurs similaires aux valeurs certifiées et les blancs analytiques montrent aucune contamination dans les deux méthodes de digestions.

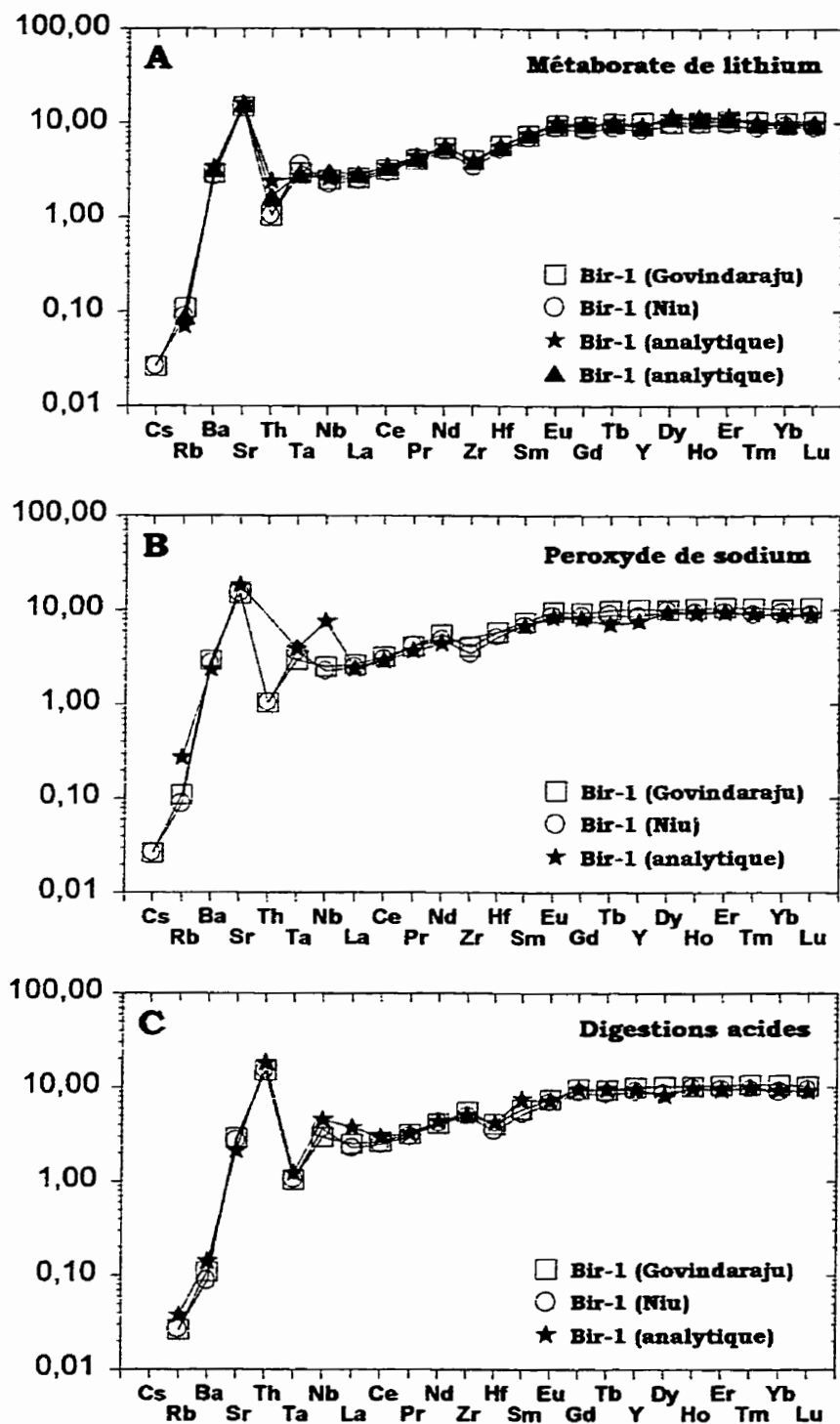


Figure D.1 Graphique montrant la variation entre les valeurs certifiées d'un standard (Bir-1, un basalte) et les teneurs analysées à ICP-MS par une méthode de fusion au métaborate de lithium (a), une fusion au peroxyde de sodium (b) et une digestion acide (c).

Les échantillons attaqués par une attaque acide correspondent aux gabbros et aux pyroxénites avec très peu de chromite. La cotation des standards certifiés est très bonne et aucune contamination dans les blancs analytiques n'a été observé.

D.3.2 Dosage et mise en solution des ÉGP

La méthode analytique utilisée pour le dosage des éléments du groupe du platine est celle développée par Gueddari (Gueddari et al., 1998). Cette méthode permet d'obtenir d'excellentes limites de détection pour les roches basiques et ultrabasiques.

D.3.2.1 Réactifs et matériel utilisé

Le détail des réactifs et du matériel utilisé lors de ces manipulations ne sera pas exposé ici. La nature, la préparation et le type des réactifs, des solutions et du matériel sont détaillés dans les travaux de Gueddari et al. (1998).

D.3.2.2 Protocole analytique

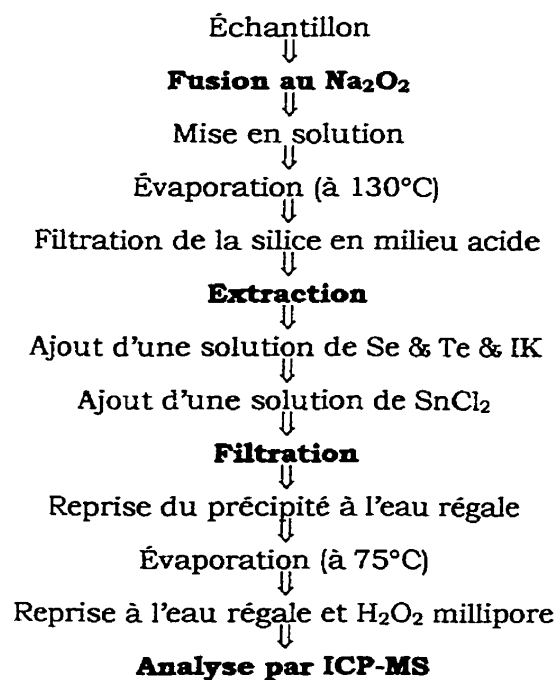


Figure D.2 Schéma simplifié du protocole analytique d'extraction des ÉGP (modifié de Gueddari, 1996).

D.3.2.3 Mode opératoire

1^{ère} Étape - Décontamination

Avant de débiter toute manipulation, on doit effectuer la décontamination de la vaisselle (creusets, béchers, etc.). Cette étape se divise en deux sous-étapes :

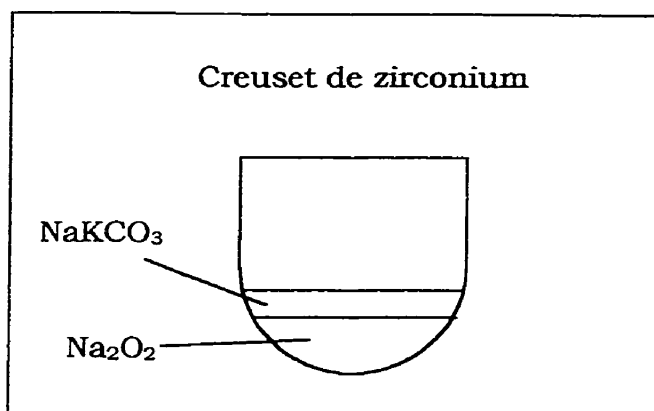
1 a) Décontamination du matériel en pyrex

Le matériel en pyrex comme les béchers, doit être lavé à l'eau savonneuse. La vaisselle doit être rincée à l'eau du robinet et à l'eau déminéralisée. Par la suite la vaisselle doit être trempée pendant environ 20 minutes, dans une solution acide composée d'eau régale (2/3 d'acide chlorhydrique [HCl] & 1/3 d'acide nitrique [HNO₃]). Par la suite, le matériel est rincé avec de l'eau millipore (eau ultrapure).

Note : La solution d'eau régale peut être conservée trois jours. Le deuxième jour, le temps de trempage est d'environ 1 heure et le troisième jour, d'environ 3 heures.

1 b) Décontamination des creusets de zirconium

Les creusets utilisés pour fondre et homogénéiser les poudres de roches sont en zirconium. Cet élément est très réfractaire, peu réactif et évite la contamination en éléments du groupe du platine. La décontamination s'effectue à l'aide du peroxyde de sodium (Na₂O₂) et du carbonate de sodium et potassium (NaKCO₃).

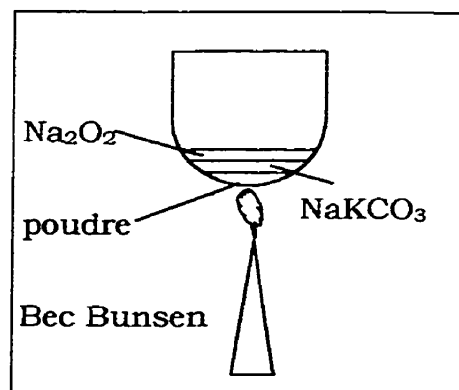


La méthode consiste à mettre le fondant dans le fond du creuset en zirconium (correspond à environ 1/3 du volume du creuset). Le fondant est un mélange de 2/3 de Na₂O₂ pour 1/3 de NaKCO₃. Une fois le mélange effectué, on est prêt à fondre en chauffant à l'aide d'un bec Bunsen, créant ainsi une sorte de magma. Lorsqu'on chauffe le mélange de fondants (Na₂O₂

+ NaKCO_3), il est important que le liquide de fusion soit en contact avec le maximum de la surface du creuset pour enlever le maximum de contaminant sur les parois du creuset. Par la suite, on recycle le fondant pour les 2^e, 3^e et 4^e creusets (transvider à chaud).

2^e Étape - Attaque des échantillons

Pour l'attaque des échantillons, on utilise la fusion par la méthode au peroxyde de sodium (Na_2O_2). Entre 2,40 et 2,60 g de carbonate de potassium et de sodium (NaKCO_3) sont ajoutés à 3 g de l'échantillon en poudre. À la dernière minute, on ajoute le peroxyde de sodium dans le creuset et on homogénéise le mélange avant de le faire chauffer sur le bec Bunsen. La quantité de peroxyde de sodium est variable dépendant du type de roche attaqué.



● Pour les roches mafiques et ultramafiques :

La quantité de peroxyde de sodium (Na_2O_2) utilisé pour dissoudre ce type de roche est d'environ 4 fois la quantité d'échantillon en poudre mis dans le creuset. Dans ce cas-ci, on met environ 12 g de peroxyde de sodium.

● Pour les chromitites :

La quantité de peroxyde de sodium (Na_2O_2) utilisé pour dissoudre ce type de roche est d'environ 20 g. Il est également conseillé de mettre seulement 2 g d'échantillon pour les chromitites dû à la difficulté de fondre ce matériel très réfractaire.

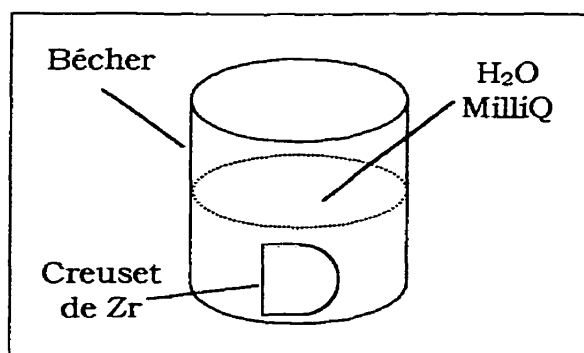
● Pour les sulfures :

La quantité de peroxyde de sodium (Na_2O_2) utilisé pour fondre les échantillons riches en sulfures est moindre que pour les autres types de roches. Dans ce cas-ci, on met environ 6 g de peroxyde de sodium ce qui facilite la fusion.

Lorsque le mélange est complètement fondu (environ 10 minutes), on ajoute 15 pastilles d'hydroxyde de sodium (KOH) et on laisse chauffer sous le bec Bunsen encore 5 minutes. L'ajout de l'hydroxyde de sodium est nécessaire pour mettre en solution les microparticules réfractaires qui peuvent rester dans le mélange en fusion.

3^e Étape - Mise en solution dans un milieu acide

Après le refroidissement complet des creusets et du matériel en fusion, on peut procéder à la mise en solution du matériel. On dépose le creuset avec le liquide figé dans un bécher contenant 150 ml d'eau millipore ce qui dissout l'échantillon. On peut accélérer la réaction en chauffant légèrement le bécher sous le bec Bunsen



mais il faut faire attention de ne pas porter la solution au point d'ébullition pour éviter toute perte possible du matériel. Une fois tout le matériel dissout, on enlève le creuset et la tige de verre en prenant garde de bien rincer avec de l'eau millipore la vaisselle pour ne pas perdre d'échantillon.

La solution obtenue est constituée de deux phases : une liquide et l'autre solide (un genre de pulpe). Pour obtenir une solution monophasée (phase liquide seulement), on ajoute environ 100 ml d'acide chlorhydrique « Arister (37%) ». La quantité d'acide chlorhydrique (HCl) ajoutée est variable et dépend beaucoup du type de roche mis en solution. L'acide doit être ajouté de façon méticuleuse car le mélange de la solution et de l'acide provoque de l'effervescence. Ensuite, on doit ajouter 1 ml de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) pour oxyder la chromite. Si on est en présence de chromites, on met 2 ml de H₂O₂. Un excès de peroxyde d'hydrogène risque de créer des problèmes lors de la réduction ultérieure de l'échantillon. Si l'échantillon est riche en chrome la solution devient verte sinon elle restera jaune.

Par la suite, la solution est déposée sur une plaque chauffante (à 130-150°C) jusqu'à évaporation complète (~3 jours). À la fin du processus d'évaporation, la silice précipite dans le fond du bécher. En même temps, l'osmium se libère sous forme de tétraoxyde d'osmium en raison de sa grande volatilité. Dans certains cas, le ruthénium peut également être libéré sous la forme de tétraoxyde de ruthénium. Cependant, l'emploi du peroxyde d'hydrogène minimise le problème grâce à la formation de monoxyde de ruthénium qui ne se volatilise pas à de telles températures.

4^e Étape - Filtration de la silice

Une fois les échantillons complètement secs, le résidu est repris à l'aide d'une solution de 50 ml H₂O₂ (MilliQ) et de 20 ml de HCl (Aristar, qualité trace metal) et chauffé. Une réattaque du résidu à l'acide chlorhydrique permet la mise en solution des oxydes de fer. La silice qui n'est pas dissoute, pourra être filtrée dans un erlenmeyer en utilisant des filtres de 3 µm. Le résidu qui est retenu dans les filtres ne doit pas être coloré, sinon il peut encore contenir des platinoïdes.

5^e Étape - Extraction des platinoïdes

L'extraction à froid des platinoïdes se fait par co-précipitation au Se-Te et par l'ajout du chlorure stanneux. À la solution précédemment filtrée, sont ajoutés 10 ml de Se (1 g/l), 10 ml de Te (0,25 g/l) et 10 ml de IK (500 g/l). La solution de IK est ajoutée pour maximiser le taux de récupération de l'iridium (Gueddari, 1996). À cette solution, 90 ml de HCl est ajouté pour obtenir une solution de 4M. Celle-ci est amenée à ébullition. Pendant l'ébullition, l'ajout de quelques gouttes de HF permet de complexer d'éventuelles traces de silice résiduelle.

À l'apparition des premières bulles d'ébullition, le SnCl₂ (à 25 %) est ajouté, goutte à goutte, jusqu'à la disparition totale de la couleur jaune ou verte de la solution mère (due à la présence de sels ferriques). La quantité de chlorure stanneux dépend beaucoup de la nature de la roche. En effet, la couleur de la solution est indicatrice de la teneur en chrome. Une solution jaune (typiques pour les péridotites)

est caractéristique d'une roche contenant très peu de chrome comparativement à une solution verte qui est caractéristique d'une roche riche en chrome (chromitite). Toutes les couleurs intermédiaires sont possibles et sont fonction de l'abondance de chrome dans les échantillons. Pour les échantillons de cette étude, la quantité de chlorure stanneux utilisée est la suivante :

Péridotite (pauvre en chromite) : ajout d'environ 20 ml de SnCl_2

Péridotite à chromite (riche en chromite) : ajout d'environ 30 ml de SnCl_2

Chromitite (très riche en chromite) : ajout d'environ 40 ml de SnCl_2

Les solutions de Se, Te et IK sont utilisées comme entraîneurs pour co-précipiter les ÉGP. La formation de complexes $[\text{ÉGP Sn}_4\text{Cl}_4]^{4+}$ est assurée par la réduction des ÉGP avec la solution de chlorure stanneux. L'ébullition de la solution mère permet la décomposition de complexes de séléniures et de tellures relativement insolubles.

6^e Étape - Filtration

Lors du refroidissement, la solution tend à se séparer en deux phases : une phase liquide et une phase solide (résidu contenant les platinoïdes). La filtration de cette solution sur un filtre Millipore d'acétate de cellulose ($0,22\mu\text{m}$) permet de récupérer les ÉGP complexés par le Se et Te. Les ÉGP sont contenus dans le précipité noir qui est déposé sur le filtre sous la forme de séléniures et de tellures. Il ne faut pas laisser refroidir la solution trop longtemps si on veut récupérer le maximum du précipité car celui-ci a tendance à coller sur les parois du bécher et de l'entonnoir. Une fois le précipité récupéré, il est évaporé à sec (à $75\text{ }^\circ\text{C}$). À cette étape, l'échantillon est stable pour une très longue période de temps (plusieurs mois).

7^e Étape - Reprise du précipité

La reprise du précipité consiste en la mise en solution du résidu à l'aide de l'eau régale (quelques gouttes d'acide nitrique et d'acide chlorhydrique). La dissolution s'effectue à chaud permettant ainsi de libérer les ÉGP des séléniures et des tellurures et de les retrouver sous forme de complexes chlorés dans la solution. La solution obtenue est jaugée à 5 ml (H₂O millipore) dont 0,1 ml d'une solution de standard interne. La dilution de la solution est variable dépendant de la richesse des échantillons et de la limite de détection désirée. C'est cette solution qui fera l'objet de l'analyse à l'ICP-MS.

D.3.2.4 Instrumentation et conditions d'analyse

La détermination des teneurs en ÉGP a été effectuée à l'aide du ICP-MS [VG-PlasmaQuad Turbo 2+] du laboratoire de l'INRS-Géoresources. La sensibilité, la rapidité et le dosage multi-élémentaires d'un appareil de ce type sont des avantages par rapport à d'autres méthodes analytiques. Le principe de l'analyse spectrométrique et le fonctionnement de la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif sont élaborés plus en détail dans la thèse de doctorat de Gueddari (1996) Les conditions d'opération de ICP-MS pour la détermination des teneurs en ÉGP sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau D.4 Conditions opératoires et paramètres d'acquisition de l'ICP-MS (tirés de Gueddari, 1996).

Puissance du générateur : 1 350 W
 Puissance d'énergie réfléchie : < 2 W
 Gaz : argon
 Débit d'alimentation : 13 l/min
 Débit auxiliaire : 1 l/min
 Débit d'injection : 0,94 l/min
 Chambre de nébulisation : MK2 Quartz
 Type de nébuliseur : Meinhardt

Temps de stabilisation («uptake») : 90 s
 Nombre d'acquisitions : 3
 Temps d'acquisition : 21 s/acquisition
 Temps de lavage : 90 s

Type de détecteur : Galileo modèle 4 870V
 Mode de détection : comptage d'impulsions («pulse counting»)
 Mode d'acquisition : saut de pic («peak jumping»)
 Nombre de points par pic : 3
 Temps de lecture/uma («dwell-time») : 10 240 μ s
 Temps de balayage («time/sweep») : 0,98 s

D.3.2.5 Interférences et choix des isotopes

Le choix des isotopes pour le dosage des platinoïdes est essentiellement imposé par leurs abondances naturelles et par l'absence d'interférence de masse. Lors de l'analyse à l'ICP-MS, plusieurs types d'interférences peuvent se produire. Il existe principalement des interférences spectroscopiques et non spectroscopiques. Parmi les interférences spectroscopiques, on retrouve les interférences isobariques, aux ions doublement chargés, aux ions polyatomiques et aux oxydes réfractaires. Les interférences non spectroscopiques regroupent les effets physiques, les effets de suppression analytique et les effets mémoires. Ces types d'interférences ne seront

pas abordés plus en détails car ce n'est pas le sujet de ce mémoire. Cependant, ces interférences sont rapportées dans la thèse de doctorat de Gueddari (1996).

Tableau D.5 Abondances, interférences et choix des isotopes (modifiés de Gueddari, 1996).

¹ Jarvis et al., 1992; ² Jackson et al., 1990; ³ Gueddari, 1996; ⁴ ce travail

# atomique	Élément	Masse atomique	Isotope (abondance)	Interférences	Choix des isotopes
77	Ir	192,2	191 (37,3) 193 (62,7)	- Absentes	¹⁹³ Ir (1,2) (¹⁹¹ Ir+ ¹⁹³ Ir)/2 (3,4)
44	Ru	101,07	96 (5,51) 98 (1,87) 99 (12,72) 100 (12,62) 101 (17,07) 102 (31,63) 104 (18,58)	- fréquentes sur ⁹⁶ Ru, ⁹⁸ Ru, ¹⁰⁰ Ru (Totland et al., 1993) - observées sur ⁹⁹ Ru, ¹⁰⁰ Ru, ¹⁰⁴ Ru (Gueddari, 1996) - ⁹⁹ Ru, ¹⁰⁰ Ru (ce travail)	(⁹⁹ Ru+ ¹⁰¹ Ru)/2 (1) ¹⁰¹ Ru (2) (¹⁰¹ Ru+ ¹⁰² Ru)/2 (3,4)
45	Rh	102,91	103 (100)	- Absentes	¹⁰³ Rh (1,2,3,4)
78	Pt	195,09	190 (0,013) 192 (0,78) 194 (32,9) 195 (33,8) 196 (25,3) 198 (7,21)	- Absentes	(¹⁹⁴ Pt+ ¹⁹⁵ Pt)/2 (2) (¹⁹⁴ Pt+ ¹⁹⁵ Pt+ ¹⁹⁶ Pt)/3 (3,4)
46	Pd	106,4	102 (0,96) 104 (10,97) 105 (22,23) 106 (27,33) 108 (26,71) 110 (11,81)	- Absentes (Totland et al.,1993) - ¹⁰⁶ Pd, ¹⁰⁸ Pd (Gueddari, 1996 et ce travail)	¹⁰⁵ Pd (1,2) (¹⁰⁵ Pd+ ¹⁰⁶ Pd+ ¹⁰⁸ Pd)/3 (3) ou ¹⁰⁵ Pd (3,4)

D.3.2.6 Standards internes et calibration externe

Lors du dosage d'ultratraces par ICP-MS, on doit contrôler la sensibilité et la variation du signal obtenu. Une façon efficace de contrôler ces paramètres est d'effectuer une standardisation interne qui consiste à ajouter, dans la solution à analyser, une concentration connue d'un ou de plusieurs éléments. Une correction est ultérieurement faite pour ramener la concentration de l'élément ajouté à sa concentration initiale. Le choix de ces éléments est crucial pour corriger efficacement les effets de dérive de l'instrument. Certains facteurs doivent être considérés avant de choisir les isotopes qui seront utilisés comme standards internes. Tout d'abord, l'isotope choisi ne doit pas interférer avec d'autres isotopes et la masse atomique doit être voisine des éléments à doser. L'isotope de standardisation interne doit être facilement ionisé et posséder le moins d'isotopes possibles (Gueddari, 1996). De plus, l'élément de standardisation ne doit pas être présent dans les échantillons à doser. Sinon, on doit ajouter une quantité beaucoup plus grande afin que la concentration initiale de l'échantillon soit négligeable ou encore il faut connaître la concentration de cet élément dans les échantillons qui seront analysés.

Gueddari (1996) propose d'utiliser le ^{93}Nb et le ^{187}Re pour les ÉGP légers et les ÉGP lourds. Ces éléments n'interfèrent pas avec les masses des ÉGP dosés et donnent des résultats fiables. Pour ce travail, le ^{93}Nb , ^{187}Re et le ^{111}Cd ont été utilisés pour la standardisation interne. Le cadmium est également utilisé pour les ÉGP légers car le niobium peut devenir instable à courte échéance. Le meilleur élément entre les deux sera utilisé. Le ^{111}Cd et ^{205}Tl respectivement pour les ÉGP légers et pour les ÉGP lourds sont généralement employés (Jackson et al., 1990; Oguri et al., 1999).

La calibration a été effectuée en utilisant des solutions d'étalonnage. Ces solutions contiennent les éléments à doser à des concentrations connues. Sept solutions ont été préparées contenant des concentrations identiques pour chaque ÉGP de 0, 5, 10, 20, 50, 80 et 100 ppb. La réponse du signal (CPS) en fonction de la concentration est une fonction linéaire régie par un coefficient de régression linéaire.

Ces solutions d'étalonnage sont choisies en fonction de la gamme des teneurs que nous supposons pour les échantillons à doser. Le passage des étalons s'effectue au début, au cours et à la fin de la séquence analytique. Ceci permet d'observer la variation du signal et d'établir une droite de calibration. Dans ce travail, le choix des étalons ne correspond pas exactement à la fourchette des teneurs auxquelles on peut s'attendre. Les concentrations attendues des échantillons minéralisés en ÉGP peuvent aller au-delà de 1000 ppb. Le droite de calibration, avec les solutions étalons (0 à 100 ppb), est calculée pour que les échantillons dosés soient dans cet intervalle de concentration après un facteur de dilution important.

D.3.2.7 Limite de détection

La définition exacte de la limite de détection analytique est problématique (Jenner et al., 1996). La limite de détection peut être décrite comme étant la concentration minimale d'un élément que l'on peut déterminer dans un blanc analytique (Keith et al., 1983; Long et al., 1983). Par contre, l'établissement de limite de détection peut prendre plusieurs directions. Potts (1987) a discuté et a proposé une série de termes pour décrire la limite de détection. Selon les travaux de Potts (1987), la limite de détection varie de 3σ à 10σ dépendant de la terminologie utilisée. La limite minimale de détection (LLD: lower limit of detection) correspond à 3σ , la limite minimale de détermination (LoD: lower limit of determination) correspond à 6σ et la limite de quantification (LOQ: limit of quantification) correspond à 10σ . Dans cette étude, la définition de Keith et al. (1983) et Long et al. (1983) va être utilisé.

D.3.2.8 Contamination et blanc analytique

Le blanc analytique permet de vérifier la qualité du matériel utilisé et de la propreté du laboratoire. Certains réactifs peuvent contenir des traces de quelques platinoïdes et ainsi contaminer les échantillons. Le protocole analytique utilisé pour préparer les blancs est identique à celui utilisé pour la préparation des échantillons (moins la poudre de l'échantillon). Le tableau D.5 montre les teneurs en platinoïdes analysées dans un blanc lors de ce travail comparées avec les teneurs obtenues par Gueddari pour des blancs effectuées au laboratoire de INRS-Géoresources (comm.

pers. K. Gueddari) et également pour des blancs effectuées au laboratoire de Grenoble (Gueddari, 1996). Les teneurs en ÉGP du blanc de ce travail sont beaucoup plus élevées que dans le cas de Gueddari.

Tableau D.6 Teneurs en ÉGP d'un blanc des réactifs utilisés en ppb.

	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd
Blanc (ce travail)	0,34	0,52	0,26	5,45	0,62
Blanc (INRS-Géo.)	< 0,01	0,04	0,026	0,33	0,26
(Gueddari, comm. pers.)					
Blanc (Grenoble)	0,01	0,03	0,03	0,35	0,15
(Gueddari, 1996)					

Plusieurs hypothèses (réactifs utilisés, propreté du matériel, etc) peuvent être avancées pour expliquer la différence importante entre les différentes études. Les réactifs ne peuvent pas expliquer ces variations, les produits chimiques employés ont été analysés lors des travaux de Gueddari et aucune concentration importante en platinoïdes n'a été détectée. Évidemment, il peut y avoir quelques différences entre deux stocks d'un même produit de qualité ultratrace, mais pas suffisamment pour observer de telles variations. La propreté de l'environnement et le matériel employé lors des manipulations des échantillons sont des facteurs qui ne sont pas négligeables. Une partie des teneurs des blancs peut provenir de cette étape. Il était raisonnable quand même de prévoir des blancs analytiques légèrement supérieurs à ceux obtenus par Gueddari. Ces travaux (Gueddari) consistaient en la manipulation de roches de massifs ultramafiques alpins où les teneurs en platinoïdes sont (Pagé, en préparation), c'est-à-dire de quelque ppb à une dizaine de ppb. En ce qui a trait à cette étude, elle concerne des roches ultramafiques d'une intrusion stratifiée où les teneurs en platinoïdes sont de quelques dizaines de ppb à quelques milliers de ppb. Étant donné que la manipulation s'effectuait avec des échantillons beaucoup plus riches, l'environnement était certainement plus porteur en ÉGP pendant cette période. Il est raisonnable de penser que la contamination des blancs analytiques pourrait provenir de l'étape d'évaporation où des particules de ÉGP se retrouvent en suspension dans l'air sous la forme d'aérosol.

L'analyse des blancs n'est pas le seul élément à prendre en considération lors de la vérification des analyses géochimiques. Des standards de roches ont également été utilisés pour vérifier l'exactitude des résultats expérimentaux. Les standards employés sont des roches similaires à celles analysées soient un gabbro (WGB-1), une péridotite (WPR-1) et un minerai de ÉGP (SARM-7). Le tableau D.6 montre les résultats obtenus pour les standards certifiés et les compare également avec d'autres valeurs pour les mêmes standards obtenus dans d'autres travaux.

L'écart entre les valeurs proposées et les valeurs obtenues pour ce travail sont généralement acceptables. Les valeurs obtenues pour Pt sont plus éloignées des valeurs proposées. L'écart entre les valeurs proposées et les valeurs obtenues pour le platine varie de -26 à -3 % tandis que pour les autres éléments du groupe du platine, il varie de -19 à -2%. Le Pt semble avoir été légèrement sous-dosé lors de ces analyses. Les ÉGP sont des éléments chimiques très difficiles à doser, ce qui est montré aussi par les résultats répertoriés dans la littérature pour le dosage de standards certifiés. L'écart important entre les valeurs proposées et les valeurs obtenues peuvent être le résultat de l'hétérogénéité de l'échantillon pour la distribution de ces éléments chimiques (effet de pépité). La prise d'une quantité très restreinte de poudre d'échantillon augmente la possibilité d'avoir des variations importantes entre la valeur certifiée et celle analysée. Par exemple, lors de ces manipulations, la prise d'échantillon variait de 2,0 à 3,0 g de poudre comparativement entre 15 et 20 g de poudre pour la méthode de fusion à la bille de nickel ce qui diminue beaucoup l'effet pépité.

Tableau D.7 Teneurs en ÉGP (ppb) de trois échantillons de référence comparées à celles obtenues dans le cadre de différents travaux.

Échantillon de référence	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd
WGB-1					
Valeurs proposées	0,33 ± 0,17	0,3	0,32 ± 0,21	6,1 ± 1,6	13,9 ± 2,1
Gueddari (INRS-Géo)	0,36	0,5	0,5	6	11,1
Gueddari (1996)	0,36 ± 0,08	0,6 ± 0,14	0,53 ± 0,3	6,2 ± 2	10 ± 1,4
Ce travail	n.d.	n.d.	n.d.	5,9	10,2 (11,2)
Écart entre valeurs proposées et ce travail	-	-	-	-3 %	-27 %
WPR-1					
Valeurs proposées	13,5 ± 1,8	22 ± 4	13,4 ± 0,9	285 ± 12	235 ± 9
Gueddari (INRS-Géo.)	14,2	21,9	13	277	234
Gueddari (1996)	14,2 ± 1	19,9 ± 1,6	12,5 ± 1,2	271 ± 6	236 ± 15
Oguri et al. (1999)	15,3	19,1	12,2	273	208,7
Ce travail	11,9	21,6	16,5	216,2	210,0
Écart entre valeurs proposées et ce travail	-12 %	-2 %	+23 %	-24 %	-11 %
SARM-7					
Valeurs proposées	74 ± 12	430 ± 57	240 ± 13	3740 ± 45	1530 ± 32
Jackson et al. (1990)	71	397	212	3395	1353
Oguri et al. (1999) *	74	388	198	2802	1255
**	77	402	200	3287	1405
***	74	430	220	3541	1373
Ce travail	65,1	458,9	225,7	2777,9	1470,2
Écart entre valeurs proposées et ce travail	-12 %	+7 %	-6 %	-26 %	-4 %

* Récupération des ÉGP sous des conditions normales (minimales)

** Récupération des ÉGP sous des conditions normales (maximales)

*** Récupération des ÉGP sous des conditions réductrices (moyenne de 10 échantillons)

La qualité des résultats pour les standards permet de considérer les résultats obtenus comme de bons résultats expérimentaux. Cependant, certains points restent à éclaircir. Premièrement, le taux de dilution avant le passage à ICP-MS a été beaucoup trop important ce qui a entraîné une augmentation de la limite de détection empêchant l'analyse de plusieurs éléments (Ir, Rh, Ru) pour de nombreux échantillons. Ce phénomène est mis en évidence par le standard WGB-1 où le Pt et le Pd sont très bien cotés alors que l'Ir, le Rh et le Ru ne sont même pas détectés. En ce qui concerne la contamination des blancs, plusieurs hypothèses ont été amenées pour tenter d'éclaircir cette observation. Par contre, si on veut impliquer une contamination (surtout Pt) non négligeable des blancs, comment se fait-il que le standard WGB-1 cote très bien à environ 6 ppb et que le blanc est à environ 5 ppb? La contamination des blancs par des aérosols riches en vapeurs platinifères lors de l'évaporation des échantillons est une source probable de la contamination des blancs. En même temps que s'effectuait l'évaporation des blancs analytiques, quelques échantillons riches en platinoïdes subissaient également leur évaporation dans la même hotte. Certains aérosols ont pu ainsi contaminer les blancs analytiques sans pour autant influencer les concentrations observées dans les échantillons riches en ÉGP étant donnée que les concentrations élevées de ceux-ci. Compte tenu que les présentes manipulations ont été faites dans des conditions similaires que les travaux de Gueddari (INRS-Géoresources), nous avons soustrait les blancs analytiques de cette étude avant de procéder au traitement des résultats.

D.4 Microanalyse

D.4.1 Conditions d'opération

Les analyses des minéraux ont été effectuées avec la microsonde électronique CAMECA SX-100 de l'Université Laval. L'opérateur de l'appareil était le Dr. Marc Choquette. Les conditions analytiques sont les suivantes pour les différentes phases analysées :

CHROMITE, PYROXÈNE, CHLORITE, AMPHIBOLE ET CARBONATE

- Spectromètre à dispersion de longueur d'onde (WDS)
- Voltage d'excitation : 15 kV
- Ampérage : 20 nA
- Diamètre du faisceau : $\pm 5 \mu\text{m}$
- Durée de comptage : 20 sec, bruit de fond (Bkg) 10 sec.
- Analyses : Ponctuelles, profils chimiques, cartographie de grain, images (BSE)
- Procédure de correction : PAP (Pouchou et Pichoir, 1985) ; ZAF modifié par CAMECA

SERPENTINE

- Spectromètre à dispersion de longueur d'onde (WDS)
- Voltage d'excitation : 15kV
- Ampérage : 30 nA
- Diamètre du faisceau : $\pm 5 \mu\text{m}$
- Durée de comptage : 20 sec, bruit de fond (Bkg) 10 sec
- Analyses : Ponctuelles, images (BSE)
- Procédure de correction : PAP (Pouchou et Pichoir, 1985) ; ZAF modifié par CAMECA

SULFURE (Majeurs)

- Spectromètre à dispersion de longueur d'onde (WDS)
- Voltage d'excitation : 15 kV
- Ampérage : 50 nA
- Diamètre du faisceau : $\pm 10 \mu\text{m}$
- Durée de comptage : 40 sec, bruit de fond (Bkg) 20 sec
- Analyses : Ponctuelles, images (BSE)
- Procédure de correction : PAP (Pouchou et Pichoir, 1985) ; ZAF modifié par CAMECA

Les analyses chimiques pour les minéraux du groupe du platine ont été effectuées au LABORATOIRE de MICROANALYSE de l'Université Laval en utilisant le microscope électronique à balayage JEOL JSM-6400. Les opérateurs de l'appareil étaient le Dr Marc Choquette et le technicien Jean-Pierre Tremblay. Les conditions sont les suivantes pour les différentes phases minérales du groupe du platine :

MINÉRAUX DU GROUPE DU PLATINE (MGP)

- Spectromètre à dispersion de longueur d'onde (EDS)
- Voltage d'excitation : 15 et 20 kV
- Ampérage : 10^{-9} A
- Diamètre du faisceau : ~ 5 nm
- Durée de comptage : 100 s ou moins (dans ce cas-ci ~ 50 s)
- Analyses : Ponctuelles, semi-quantitatives

Procédure de correction : ZAF

D.4.2 Standards utilisés et limites de détection

Les tableaux suivants présentent les standards utilisés et les limites de détection pour tous les programmes d'analyse utilisés à la microsonde. Les programmes d'analyse sont : chromite, pyroxène, chlorite, carbonate, amphibole, serpentine et sulfure. Il est à noter que le programme d'analyse employé pour les sulfures comprend uniquement les constituants majeurs. Les limites de détection sont obtenues à partir de la formule proposée par CAMECA. Le contenu en platinoïdes des sulfures a également fait l'objet d'analyse à la microsonde.

Tableau D.8 Tableau montrant les standards utilisés et les limites de détection pour les différents programmes employés.

<u>CHROMITE</u>		
Éléments	Standard	Limite de détection (%)
Cr ₂ O ₃ (Cr)	chromi	0,119 (0,0816)
FeO (Fe)	hemvz	0,136 (0,1059)
MnO (Mn)	willevz	0,088 (0,0684)
ZnO (Mn)	willevz	0,085 (0,0679)
NiO (Ni)	nick	0,054 (0,0427)
V ₂ O ₃ (V)	V ₂ O ₅	0,044 (0,0299)
CoO (Co)	skux	0,049 (0,0386)
TiO ₂ (Ti)	rut	0,022 (0,0129)
SiO ₂ (Si)	qzvz	0,028 (0,0133)
Al ₂ O ₃ (Al)	chros	0,042 (0,0220)
MgO (Mg)	chros	0,045 (0,0270)

() Éléments directement analysés à la microsonde

<u>PYROXÈNE</u>		
Éléments	Standard	Limite de détection (%)
NiO (Ni)	nick	0,000 (0,0000)
FeO (Fe)	hemvz	0,044 (0,0343)
MnO (Mn)	willevz	0,034 (0,0263)
Cr ₂ O ₃ (Cr)	chromi	0,000 (0,0000)
TiO ₂ (Ti)	rut	0,044 (0,0266)
CaO (Ca)	plagvz	0,016 (0,0116)
K ₂ O (K)	ortho	0,011 (0,0095)
SiO ₂ (Si)	qzvz	0,036 (0,0168)
Al ₂ O ₃ (Al)	cor	0,022 (0,0118)
MgO (Mg)	mgo	0,031 (0,0187)
Na ₂ O (Na)	alb	0,026 (0,0195)

() Éléments directement analysés à la microsonde

CHLORITE

Éléments	Standard	Limite de détection (%)
FeO (Fe)	Hemvz	0,097 (0,0753)
Cr ₂ O ₃ (Cr)	Chromi	0,092 (0,0631)
V ₂ O ₃ (V)	V ₂ O ₅	0,000 (0,0000)
MnO (Mn)	Willevz	0,042 (0,0329)
NiO (Ni)	Nick	0,044 (0,0342)
TiO ₂ (Ti)	rut	0,043 (0,0260)
K ₂ O (K)	ortho	0,011 (0,0092)
CaO (Ca)	plagvz	0,014 (0,0097)
Na ₂ O (Na)	alb	0,023 (0,0170)
MgO (Mg)	mgo	0,030 (0,0181)
Al ₂ O ₃ (Al)	cor	0,025 (0,0133)
SiO ₂ (Si)	qzvz	0,035 (0,0164)
H	Analysé par différence	-
O	Analysé par différence	-

() Éléments directement analysés à la microsonde

CARBONATE

Éléments	Standard	Limite de détection (%)
FeCO ₃ (Fe)	hemvz	0,108 (0,0842)
MnCO ₃ (Mn)	willevz	0,044 (0,0343)
CaCO ₃ (Ca)	calcs	0,028 (0,0201)
MgCO ₃ (Mg)	mgo	0,027 (0,0163)
SrCO ₃ (Sr)	celest	0,058 (0,0346)

() Éléments directement analysés à la microsonde

AMPHIBOLE

Éléments	Standard	Limite de détection (%)
SiO ₂ (Si)	qzvx	0,036 (0,0169)
TiO ₂ (Ti)	rut	0,043 (0,0260)
Al ₂ O ₃ (Al)	cor	0,025 (0,0134)
Cr ₂ O ₃ (Cr)	chromi	0,082 (0,0561)
MgO (Mg)	mgo	0,028 (0,0167)
CaO (Ca)	plagvz	0,016 (0,0112)
MnO (Mn)	willevz	0,034 (0,0265)
FeO (Fe)	hemvz	0,051 (0,0395)
NiO (Ni)	nick	0,133 (0,1044)
Na ₂ O (Na)	alb	0,029 (0,0212)
K ₂ O (K)	ortho	0,011 (0,0093)
F	apt	(0,1453)
Cl	tugvz	(0,0106)
H	Analysé par différence	-
O	Analysé par différence	-

() Éléments directement analysés à la microsonde

SERPENTINE

Éléments	Standard	Limite de détection (%)
MnO (Mn)	willevz	0,077 (0,0596)
FeO (Fe)	hemvz	0,064 (0,0501)
Cr ₂ O ₃ (Cr)	chromi	0,023 (0,0159)
NiO (Ni)	nick	0,029 (0,0231)
CaO (Ca)	plagvz	0,009 (0,0063)
TiO ₂ (Ti)	rut	0,013 (0,0077)
Al ₂ O ₃ (Al)	cor	0,014 (0,0072)
SiO ₂ (Si)	qzvz	0,028 (0,0132)
MgO (Mg)	MgO	0,022 (0,0134)
H	Analysé par différence	-
O	Analysé par différence	-

() Éléments directement analysés à la microsonde

<u>SULFURE</u>		
Éléments	Standard	Limite de détection
Fe	G1FeS2	0,0968
Ni	G3NiS	0,0614
Cu	G1CuFeS2	0,0792
Co	G1FeS2	0,0266
As	skux	0,3732
S	skux	0,0663

() Éléments directement analysés à la microsonde

D.4.3 Conditions d'analyses pour ÉGP dans les sulfures

La présence d'éléments traces en solution solide dans les sulfures intéresse la communauté scientifique depuis plusieurs décennies (Fleischer, 1955; Hawley et Nichol, 1961). L'avènement de la microanalyse avec des instruments comme la microsonde électronique, la sonde ionique et la sonde protonique permet aujourd'hui de caractériser et d'analyser *in situ* les éléments en traces en solution solide. Les seuils de détection avec ce type d'appareil sont très variables allant de centaines de ppm pour la microsonde jusqu'à quelques ppm pour la sonde protonique.

Un certain nombre de grains de chalcopryrite, de pyrite, de millérite, de pentlandite, de sufoarséniure et d'arséniures ont été dosés pour leur contenu respectif en éléments du groupe du platine (Pd, Rh, Ir, Pt, Os). Le ruthénium n'a pu être dosé car il n'avait pas de standard disponible pour cet élément. Les platinoïdes ont été analysés sur plusieurs échantillons choisis dont on connaissait leurs teneurs élevées en ÉGP et/ou une phase sulfureuse importante. La raie $L\alpha$ a été utilisée pour le dosage du palladium et du rhodium tandis que la raie $M\alpha$ a été utilisée pour le platine, l'iridium et l'osmium. Les conditions d'analyse pour les éléments du groupe du platine sont les suivantes:

ÉLÉMENTS DU GROUPE DU PLATINE DANS LES SULFURES

- Spectromètre à dispersion de longueur d'onde (WDS)
- Voltage d'excitation : 15 kV
- Ampérage : 100 nA
- Diamètre du faisceau : $\pm 1 \mu\text{m}$
- Durée de comptage : 100 sec
- Analyses : Ponctuelles

Procédure de correction : PAP (Pouchou et Pichoir, 1985) ; ZAF modifié par CAMECA

Pour la détermination du bruit de fond, nous disposions d'étalons stériles en platinoïdes pour chaque phase analysée provenant du laboratoire CAMNET. Une dizaine de mesures de bruit de fond d'une durée de 100 secondes ont été effectuées pour chaque phase étudiée. Pour le dosage des métaux nobles, nous disposions de plusieurs étalons minéralisés provenant également du laboratoire de CAMNET. Les standards stériles et les standards minéralisés sont répertoriés à la section D.4.5. Pour les arséniures, les standards stériles et minéralisés des sulfoarséniures ont été utilisés. Le tableau D.9 montre les résultats de la détermination du bruit de fond et des limites de détection.

Tableau D.9 Mesures du bruit de fond dans les standards stériles des différentes phases minéralogiques.

	Element	Pd	Rh	Pt	Ir	Os
Chalcopyrite	Std	G4PdS	G3FeRhS	G3PtFe	G2Ir	G2Os
Std stérile: G1CuFeS2	Spectro	1 PET	2 LPET	2 LPET	3 LPET	3LPET
	C	76,84	0,52	77,74	100,00	100,00
	N (comptes)	771980	35240	1275750	1695480	1682470
	Nb1	2640	9600	3780	3100	2700
	Nb2	2610	9510	3870	3240	2800
	Nb3	2720	9550	3770	3280	2820
	Nd4	2620	9630	3750	3080	2770
	Nb5	2600	9610	3640	3190	2740
	Nb6	2700	9670	3830	3150	2750
	Nb7	2610	9370	3710	3150	2710
	Nb8	2530	9650	3790	3170	2730
	Nb9	2620	9710	3890	3240	2640
	Nb10	2620	9570	3820	3130	2740
	Moy Nb	2627	9587	3785	3173	2740
	3σ	158,1	288,5	222,8	193,9	153,6
Limite CAMECA	LDM 1 (%)	0,0142	0,0033	0,0111	0,0109	0,0108
Limite avec 3(Nb) ^{1/2}	LDM 2 (%)	0,0153	0,0043	0,0112	0,0100	0,0093
Limite avec 3 σ Nb	LDM 3 (%)	0,0157	0,0043	0,0136	0,0114	0,0091

	Element	Pd	Rh	Pt	Ir	Os
Pyrite	Std	G4PdS	G3FeRhS	G3PtFe	G2Ir	G2Os
Std stérile: G1FeS2	Spectro	1 PET	2 LPET	2 LPET	3 LPET	3LPET
	C	76,84	0,52	77,74	100,00	100,00
	N (comptes)	771980	35240	1275750	1695480	1682470
	Nb1	2310	8260	3760	3190	2690
	Nb2	2330	8140	3690	3090	2690
	Nb3	2340	8110	3780	3190	2660
	Nd4	2280	8160	3890	3140	2730
	Nb5	2360	8320	3840	3140	2610
	Nb6	2330	8190	3790	3170	2700
	Nb7	2330	8060	3840	3200	2660
	Nb8	2360	8120	3830	3170	2710
	Nb9	2270	8130	3840	3140	2620
	Nb10	2230	8120	3740	3230	2610
	Moy Nb	2314	8161	3800	3166	2668
	3σ	125,9	231,3	177,8	119,3	129,5
Limite CAMECA	LDM 1 (%)	0,0141	0,0033	n.d.	0,0100	0,0095
Limite avec 3(Nb) ^{1/2}	LDM 2 (%)	0,0144	0,0040	0,0113	0,0100	0,0092
Limite avec 3 σ Nb	LDM 3 (%)	0,0125	0,0034	0,0108	0,0070	0,0077

	Element	Pd	Rh	Pt	Ir	Os
Millerite	Std	G4PdS	G3FeRhS	G3PtFe	G2Ir	G2Os
Std sterile: G3NiS	Spectro	1 PET	2 LPET	2 LPET	3 LPET	3LPET
	C	76,84	0,52	77,74	100,00	100,00
	N (comptes)	771980	35240	1275750	1695480	1682470
	Nb1	2660	9850	3960	3140	2810
	Nb2	2630	9710	3970	3270	2780
	Nb3	2590	9880	3950	3230	2910
	Nd4	2550	9920	3860	3250	2850
	Nb5	2620	9730	3870	3160	2720
	Nb6	2740	9820	3910	3290	2860
	Nb7	2470	9530	3850	3380	2760
	Nb8	2640	9610	3870	3270	2810
	Nb9	2580	9740	3820	3140	2820
	Nb10	2560	9770	3810	3220	2800
	Moy Nb	2604	9756	3887	3235	2812
	3σ	217,8	361,7	172,7	225,1	160,5
Limite CAMECA	LDM 1 (%)	0,0145	0,0034	0,0116	0,0114	0,0111
Limite avec 3(Nb) ^{1/2}	LDM 2 (%)	0,0152	0,0044	0,0114	0,0101	0,0095
Limite avec 3 σ Nb	LDM 3 (%)	0,0217	0,0053	0,0105	0,0133	0,0095

	Element	Pd	Rh	Pt	Ir	Os
Pentlandite	Std	G4PdS	G3FeRhS	G3PtFe	G2Ir	G2Os
Std sterile: ptIX	Spectro	1 PET	2 LPET	2 LPET	3 LPET	3LPET
	C	76,84	0,52	77,74	100,00	100,00
	N (comptes)	771980	35240	1275750	1695480	1682470
	Nb1	2770	9600	3900	3250	2750
	Nb2	2730	9740	3950	3380	2870
	Nb3	2740	9750	3920	3440	2800
	Nd4	2750	9830	3880	3350	2800
	Nb5	2610	9790	3900	3350	2870
	Nb6	2690	9790	3840	3250	2900
	Nb7	2690	9750	3930	3260	2860
	Nb8	2750	9910	3790	3240	2930
	Nb9	2820	9860	3820	3270	2750
	Nb10	2780	10010	3920	3230	2870
	Moy Nb	2733	9803	3885	3302	2840
	3σ	175,0	330,8	156,4	216,7	184,9
Limite CAMECA	LDM 1 (%)	0,0146	0,0034	0,0115	0,0114	n.d.
Limite avec 3(Nb) ^{1/2}	LDM 2 (%)	0,0156	0,0044	0,0114	0,0102	0,0095
Limite avec 3 σ Nb	LDM 3 (%)	0,0174	0,0049	0,0095	0,0128	0,0110

	Element	Pd	Rh	Pt	Ir	Os
Sulfoarseniure de Co	Std	G4PdS	G3FeRhS	G3PtFe	G2Ir	G2Os
Std sterile: skutzx	Spectro	1 PET	2 LPET	2 LPET	3 LPET	3LPET
	C	76,84	0,52	77,74	100,00	100,00
	N (comptes)	771980	35240	1275750	1695480	1682470
	Nb1	3467	12662	3787	3300	2942
	Nb2	3504	12703	3790	3177	2978
	Nb3	3635	12747	3740	3178	3004
	Nb4	3486	13063	3704	3241	3088
	Nb5	3547	12800	3815	3158	2945
	Nb6	3492	12598	3717	3212	2971
	Nb7	3479	12751	3819	3161	2974
	Nb8	3523	13060	3729	3224	2945
	Nb9	3529	12883	3776	3302	3008
	Nb10	3463	12990	3742	3186	3022
	Moy Nb	3513	12826	3762	3214	2988
	3σ	153,0	497,6	122,6	159,3	134,9
Limite CAMECA	LDM 1 (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Limite avec 3(Nb) ^{1/2}	LDM 2 (%)	0,0177	0,0050	0,0112	0,0100	0,0097
Limite avec 3 σ Nb	LDM 3 (%)	0,0152	0,0073	0,0075	0,0094	0,0080

Note: les comptes sont pour 100 sec et 100nA

N: intensite dans le standard

Nb: bruit de fond dans le standard sterile

C: concentration dans le standard %

LDM: limite de detection minimum

Le seuil de detection (LDM, pour limite de detection minimum) peut être évalué de plusieurs façons. Le premier seuil de detection (LDM 1) correspond à une intensité (%) de :

$$C_{\min}(LDM1) = \left[\frac{FC_t}{I_t - B_t} \right] \left[\frac{\lambda(\alpha, \beta)}{2t_e} \sqrt{1 + \frac{4B_e t_e (1 + \alpha_e - 1)}{\lambda(\alpha, \beta)}} \right]$$

où F: facteur de correction

C_t: concentration du témoin

I_t: intensité du pic dans le standard

B_t: intensité du bruit de fond dans le standard

B_e: intensité du bruit de fond dans l'échantillon

t_e: durée de comptage pour le pic d'intensité dans l'échantillon

α_e: constante introduite pour considérer la différence de la durée de comptage de la mesure du pic et du bruit de fond

λ (α , β): paramètre statistique

α : est la probabilité pour considérer la vraie concentration plus grande que 0 quand en réalité elle est égale à 0.

β : est la probabilité pour considérer la vraie concentration égale à 0 lorsqu'elle est en réalité plus grande que 0.

Dans le logiciel de Cameca, λ est pris pour $\alpha = \beta = 5 \%$.

C'est cette formule que la microsonde électronique utilise pour le calcul de sa limite de détection (Ancey, Bastenaire et Tixier, 1979). Dans le cadre de ce travail, cette limite de détection est utilisée pour l'analyse de toutes les phases minéralogiques pour les éléments majeurs et traces (à l'exception des ÉGP).

La deuxième façon d'évaluer le seuil de détection (LDM 2) correspond à une intensité équivalente à $\overline{Nb} + 3\sqrt{\overline{Nb}}$ (Cabri et al., 1976; Goldstein et al., 1981; Cabri et al., 1984; Harris et al., 1984) où \overline{Nb} est le bruit de fond moyen pour une durée de 100 secondes. Donc, le seuil de détection pour nos échantillons correspond à:

$$LDM2 = \left[(3\sqrt{\overline{Nb}}) / N \right] * C$$

La troisième façon d'évaluer le seuil de détection (LDM 3) est d'utiliser les notions de statistique, c'est-à-dire d'employer $3\sigma + \overline{Nb}$ correspondant à un degré de certitude de 95 %. Donc, le seuil de détection pour nos échantillons correspond à:

$$LDM3 = \left[3\sigma(\overline{Nb}/N) \right] * C$$

On remarque que les trois méthodes pour estimer la limite de détection pour la microsonde électronique ne sont pas très différentes. La limite utilisée par Cameca est généralement plus basse que les deux autres. Pour ce travail, le seuil de détection utilisé pour la détermination des platinoïdes est la limite qui fait appel à la moyenne au quelle s'ajoute trois fois l'écart-type, c'est-à-dire la LDM 3. De plus, elle a l'avantage d'être la seule à tenir compte de la variation sur l'intensité du signal pour le pic de l'élément. Alors, même avec un échantillonnage plus important, la moyenne serait beaucoup améliorée mais l'écart-type resterait sensiblement le

même. Cette méthode est conservatrice pour la limite de détection compte tenu que c'est généralement la limite la plus élevée lorsque les trois méthodes diffèrent significativement.

D.4.4 Compositions des standards

Les noms des standards se terminant par vz ou x indiquent qu'ils sont des standards naturels (hemvz : hématite naturelle & skux : skuttérodite naturelle).

Standards pour les silicates et les oxydes

STANDARD : alb

Origine	Minéral	SiO₂	Al₂O₃	Na₂O	K₂O	Total
P&H	Albite	68,67	19,50	11,74	0,13	100,4

STANDARD : plagvz

Origine	Minéral	SiO₂	Al₂O₃	Na₂O	CaO	K₂O	FeO	Total
ASTIMEX-VZ	Plagio	51,51	30,04	3,95	13,46	0,14	0,50	99,73
	An ₆₅							

STANDARD : chros

Origine	Minéral	Cr₂O₃	Al₂O₃	MgO	FeO	TiO₂	MnO	Total
SHITHSONIAN	Chromite	60,50	9,92	15,21	13,05	0,12	0,10	98,89

STANDARD : hemvz

Origine	Minéral	FeO	Al₂O₃	MnO	V₂O₃	Total
ASTIMEX-VZ	Hématite	99,85	0,26	0,04	0,07	100,22

STANDARD : ortho

Origine	Minéral	SiO₂	Al₂O₃	Na₂O	K₂O	Total
P&H	Orthoclase	65,03	18,54	1,36	14,67	99,75

STANDARD : willevz

Origine	Minéral	SiO ₂	ZnO	MnO	Total
ASTIMEX-VZ	Willemite	28,09	66,90	4,82	99,80

STANDARD : calcs

Origine	Minéral	CaO	CO ₂	Total
SHITHSONIAN	Calcite	56,11	44,01	100,11

STANDARD : celest

Origine	Minéral	SrO	SO ₃	Total
P&H	Celestite	56,41	43,57	99,98

STANDARD : qzvz

Origine	Minéral	TiO ₂	Total
ASTIMEX-VZ	Quartz	99,99	99,99

STANDARD : chromi

Origine	Minéral	Cr ₂ O ₃	Total
P&H	Chromite	99,99	99,90

STANDARD : nick

Origine	Minéral	NiO	Total
P&H	Nickeline	99,99	99,90

STANDARD : mgo

Origine	Minéral	MgO	Total
P&H	Périclase	99,97	99,97

STANDARD : cor

Origine	Minéral	Al ₂ O ₃	Total
P&H	Corindon	99,99	99,99

STANDARD : rut

Origine	Minéral	TiO₂	Total
P&H	Rutile	100,00	100,00

STANDARD : v2o5

Origine	Minéral	V₂O₅	Total
SHITHSONIAN	V ₂ O ₅	99,98	99,98

Standards pour les sulfures et les platinoïdes**STANDARD : ptlx**

Origine	Minéral	Ni	Fe	Co	S	Total
ASTIMEX-X	Pentlandite	36,12	30,77	0,10	33,01	100,00

STANDARD : skuz

Origine	Minéral	As	Co	Ni	Fe	S	Total
ASTIMEX-VZ	Skuttérodite	79,09	15,45	4,39	0,95	0,12	100,00

STANDARD : G1CuFeS2

Origine	Minéral	Cu	Fe	S	Total
CANMET	Chalcopyrite	34,62	30,43	34,94	99,99

STANDARD : G3FeRhS

Origine	Minéral	Fe	Rh	S	Total
CANMET	(Fe,Rh) ₇ S ₈	59,95	0,52	39,53	100,00

STANDARD : G1FeS2

Origine	Minéral	Fe	S	Total
CANMET	Pyrite	46,55	53,45	100,00

STANDARD : G3NiS

Origine	Minéral	Ni	S	Total
CANMET	Millérite	32,53	35,32	100,00

STANDARD : G4PdS

Origine	Minéral	Pd	S	Total
CANMET	PdS	76,84	23,16	100,00

STANDARD : G3PtFe

Origine	Minéral	Pt	Fe	Total
CANMET	PtFe	77,74	22,26	100,00

STANDARD : G2Ir

Origine	Minéral	Ir	Total
CANMET	Iridium	100,00	100,00

STANDARD : G2Os

Origine	Minéral	Os	Total
CANMET	Osmium	100,00	100,00