

TH 1864

LA ZONE 87 DU GISEMENT D'OR ET DE CUIVRE DU LAC TROILUS: PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

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

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

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

Par
MARTIN MAGNAN

LA ZONE 87 DU GISEMENT D'OR ET DE CUIVRE
DU LAC TROÏLUS: PÉTROGRAPHIE ET GÉOCHIMIE

DÉCEMBRE 1993

RÉSUMÉ

Le gisement du Lac Troilus (>60 millions de tonnes à 1.4g/t Au, 1.5g/t Ag et 0.11% Cu) se situe dans la portion orientale de la ceinture volcano-sédimentaire archéenne de Frotet-Evans, à 120 km au nord de Chibougamau. L'alternance de laves komatiitiques à tholéitiques et de volcanoclastites intermédiaires à felsiques d'affinité calco-alcaline caractérise la stratigraphie régionale. Le gisement, de forme tabulaire, est situé à l'intérieur d'une zone de déformation intense. Cette zone, où le métamorphisme atteint le niveau amphibolite, est associée à la proximité des intrusions bordant la ceinture de roches vertes. Les roches hôtes de la minéralisation Au-Cu comprennent des volcanites intermédiaires porphyriques bréchifiées et des intrusions felsiques porphyriques, toutes d'affinité calco-alcaline. La minéralisation (Py-Po-Cp-Sp-Mg), disséminée et en veinules, est parallèle à la foliation sauf pour une génération de veinules tardives la recoupant.

L'or et le cuivre montrent une distribution zonée, la partie centrale du gisement contient de l'or et du cuivre alors que l'éponte supérieure est aurifère et l'éponte inférieure est cuprifère.

L'altération en biotite, amphibole et épidote caractérise la zone de brèche et ses environs alors que la muscovite est observée dans les intrusions felsiques. La biotite est aussi présente dans l'éponte inférieure et elle est graduellement remplacée par la muscovite en s'éloignant du gisement.

En plus du cuivre, de l'or, du zinc et de l'argent, les éléments ajoutés sont, par ordre d'importance: K, Fe, Mn, Mg et Ba. Le sodium, le calcium, le phosphate et le strontium sont lessivés. La biotite et l'amphibole deviennent plus ferrifères et le plagioclase plus sodique lorsque l'altération augmente. Les variations de composition des principaux minéraux d'altération reflètent donc le degré de métasomatisme des roches hôtes.

L'absence de carbonatation prononcée et de veine de quartz importante différencie considérablement le gisement du Lac Troilus des gisements d'or filoniens archéens. Le haut degré de variance de certains assemblages suggère que leur formation ait été dominée par un fluide plutôt que contrôlée par la composition de la roche hôte et qu'ils ne furent pas métamorphisés. De plus, des évidences texturales et structurales suggèrent une mise en place synchrone avec le métamorphisme et avec l'époque principale de déformation.

A la lumière de ces éléments, le modèle mésothermal amphibolitique est préféré au modèle de système porphyrique aurifère archéen, incompatible avec une mise en place synmétamorphique de la minéralisation.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	II
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES PLANCHES	XI
REMERCIEMENTS	XIV
CHAPITRE 1 — INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 — CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL	6
2.1 STRATIGRAPHIE	6
2.2 STRUCTURE	12
2.3 MÉTAMORPHISME	13
CHAPITRE 3 — GÉOLOGIE DU GISEMENT DU LAC TROÏLUS	15
3.1 LITHOLOGIE	17
3.1.1 VOLCANITES PORPHYRIQUES	17
3.1.2 BRÈCHE À BIOTITE-AMPHIBOLE-ÉPIDOTE	19
3.1.3 VOLCANITE PORPHYRIQUE À BIOTITE	21
3.1.4 SCHISTE À BIOTITE-MUSCOVITE	22
3.1.5 DYKES FELSQUES "PORPHYRIQUES"	22
3.1.6 AUTRES DYKES	24
3.1.7 PLUTON DU LAC PARKER	24
3.2 STRUCTURE ET MÉTAMORPHISME	26

3.3 MINÉRALISATION	26
3.4 ALTÉRATION	29
CHAPITRE 4 — PÉTROGRAPHIE	30
4.1 VOLCANITES PORPHYRIQUES DE L'ÉPONTE SUPÉRIEURE	30
4.2 ZONE DE BRÈCHE	32
4.2.1 MATRICE	32
4.2.2 FRAGMENTS	34
4.3 ROCHE MÉTASOMATIQUE À BIOTITE ET AMPHIBOLE	36
4.4 VOLCANITES À BIOTITE DE L'ÉPONTE INFÉRIEURE	39
4.5 SCHISTE À BIOTITE-MUSCOVITE	39
4.6 DYKES PORPHYRIQUES	42
4.7 MINÉRAGRAPHE	46
CHAPITRE 5 — GÉOCHIMIE	53
5.1 CARACTÉRISTIQUES PRIMAIRES	55
5.2 COMPARAISONS À L'AIDE DU DIAGRAMME ISOCON DE GRANT (1986)	59
5.2.1 ÉLÉMENTS MAJEURS	61
5.2.2 ÉLÉMENTS TRACES	66
5.3 DISCUSSIONS	66
CHAPITRE 6 — COMPOSITION CHIMIQUE DES MINÉRAUX	68
6.1 BIOTITE	68
6.2 AMPHIBOLE	76
6.3 FELDSPATHS	80
6.4 CHLORITE	81
6.5 AUTRES MINÉRAUX	81
CHAPITRE 7 — INTERPRÉTATION ET DISCUSSION	88
7.1 ROCHE HÔTE	88
7.2 FACIÈS MÉTAMORPHIQUE	89
7.3 NATURE DE LA BRÈCHE	91
7.4 FACIÈS D'ALTÉRATION	93
7.5 COMPOSITION DU FLUIDE	96

7.6 SYNCHRONISME ENTRE LES ÉVÉNEMENTS MAJEURS	96
7.6.1 FORMATION DE LA BRÈCHE	96
7.6.2 MISE EN PLACE DES DYKES FELSIQUES	97
7.6.3 DÉFORMATION ET MÉTAMORPHISME	98
7.6.4 ALTÉRATION ET MÉTAMORPHISME	99
CHAPITRE 8 — COMPARAISON AVEC D'AUTRES MODÈLES	103
8.1 ZONE 87 VS SYSTÈMES PORPHYRIQUES VOLCANIQUES	103
8.2 ZONE 87 VS SYSTÈMES MÉSOTHERMAUX FILONIENS AMPHIBOLITIQUES	106
CHAPITRE 9 — CONCLUSIONS	110
9.1 TRAVAUX SUGGÉRÉS	112
ANNEXE	114
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	156

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Compositions chimiques moyennes de quelques lithologies des formations du Groupe de Troilus.	10
Tableau 2. Synthèse des observations microscopiques.	51
Tableau 3. Composition moyenne des unités de la Zone 87.	54
Tableau 4. Nomenclature des roches selon la teneur en SiO ₂	56
Tableau 5. Comparaison entre la composition chimique des volcanites porphyriques de l'éponte supérieure et des intrusions porphyriques felsiques avec la composition chimique des rhyodacites et des rhyolites de LeMaître, (1976).	57
Tableau 6. Variations de composition chimique (ΔC , en pourcentage) calculées à partir du diagramme de Grant (1986).	62
Tableau 7. Composition chimique moyenne de la biotite pour chacune de lames minces analysées.	69
Tableau 8. Variations de composition chimique de la biotite en fonction de l'habitus dans le même échantillon (MM 90-88).	72
Tableau 9. Comparaison entre la composition de la biotite du gisement du Lac Troilus et les résultats de Taner et al. (1986).	75
Tableau 10. Composition chimique des épidotes de la Zone 87.	86

Tableau 11. Composition chimique représentative des grenats
analysés dans la Zone 87.

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Carte géologique simplifiée de la partie orientale de la ceinture archéenne de Frotet-Evans avec localisation du Gisement du Lac Troïlus.	3
Figure 2. Carte géologique du secteur Troïlus Nord.	7
Figure 3. Colonne stratigraphique synthétique du Groupe de Troïlus.	9
Figure 4. Plan de surface de la Zone 87 montrant la géologie et le contour de la minéralisation économique.	16
Figure 5. Section 136+00 Nord de la Zone 87 montrant la géologie et le contour de la minéralisation économique.	18
Figure 6. Section 136+00N de la Zone 87 montrant la géologie et la distribution du cuivre et de l'or.	25
Figure 7. Section 136+00 N de la Zone 87 montrant la géologie et les faciès d'altération en biotite.	27
Figure 8. Diagramme Jensen (1976) des volcanites porphyriques et des dykes felsiques porphyriques.	58
Figure 9. Diagramme Isocon de Grant (1985) entre les volcanites porphyriques de l'éponte supérieure et la zone de brèche à biotite-amphibole-épidote.	60
Figure 10. Diagramme de variation des éléments majeurs pour la	

zone de brèche, le schiste à biotite de l'éponte inférieure et l'unité métasomatique à biotite amphibole.	63
Figure 11. Diagramme de variation des éléments traces et métaux pour la zone de brèche, le schiste à biotite de l'éponte inférieure et l'unité métasomatique à biotite amphibole.	64
Figure 12. Histogrammes du Chlore et de la proportion de phlogopite pour la biotite de la Zone 87.	70
Figure 13. Plan de biotite idéale et Si en fonction de la proportion de phlogopite pour la biotite de la Zone 87.	73
Figure 14. Diagramme de Leake (1978) pour les amphiboles de la Zone 87.	77
Figure 15. Rapport $Mg/Mg+Fe^{2+}$ chez l'amphibole en fonction du rapport $Mg/Mg+Fe^{tot}$ de la biotite.	78
Figure 16. Diagrammes de Laird et Albee (1981) pour les amphiboles de la Zone 87.	79
Figure 17.A) Histogramme de la proportion d'anorthite des grains de feldspath analysés. B) Comparaison entre la proportion d'anorthite des plagioclases et la proportion de phlogopite de la biotite associée.	83
Figure 18. A) Diagramme de Hey (1954) pour les chlorites de la Zone 87. B) Comparaison entre le rapport $Mg/Mg+Fe$ de la chlorite avec la proportion de phlogopite de la biotite associée.	84
Figure 19. Diagramme Si-Al-(Fe+Mg) pour la muscovite de la Zone 87.	85
Figure 20. Représentation schématique de la formation de la brèche.	92

Figure 21. Synchronisme proposé pour la formation de la Zone 87.	102
Figure 22. Représentation schématique du modèle volcanique de Sutherland Brown.	104
Figure 23. Section schématique d'un système hydrothermal selon le modèle de Groves et al. (1992).	107

LISTE DES PLANCHES

	Page
Planche I-A. Texture des volcanites porphyriques de l'éponte supérieure (Échantillon MM 90-32).	20
Planche I-B. Bloc provenant de la zone de brèche (Échantillon MM-90-88).	20
Planche II-A. Surface polie d'un échantillon provenant de la zone de brèche. Échantillon MM-90-88.	23
Planche II-B. Intrusion felsique "porphyrique" avec rubanement fréquent causé par une alternance des bandes riches en biotite et d'autres riches en muscovite. Échantillon MM-90-07.	23
Planche III-A. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la texture porphyrique typique des volcanites intermédiaires de l'éponte supérieure. Échantillon MM-90-04.	33
Planche III-B. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la biotite fine disséminée dans la matrice et la biotite grossière formant des agrégats et alignée dans la foliation. Échantillon MM-90-86.	33
Planche IV-A. Photomicrographie en lumière naturelle montrant une texture porphyrique relique provenant d'un zone de cisaillement de l'éponte supérieure. Échantillon MM-90-15.	35

Planche IV-B. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la proportion d'amphibole contenue dans une zone de cisaillement située dans l'éponte supérieure. Échantillon MM-90-15.	35
Planche V-A. Photomicrographie en lumière naturelle. Biotite, amphibole et épidote associés à une veinule de quartz et sulfures (pyrite, pyrrhotite et chalcopyrite) dans la zone de brèche. Échantillon MM-90-88.	37
Planche V-B. Photomicrographie en lumière polarisée montrant l'épidote associée avec la biotite dans la matrice de la brèche. Échantillon MM-90-57.	37
Planche VI. Photomicrographie en lumière naturelle de la matrice de la brèche avec une texture porphyrique relique. Échantillon MM-90-88.	38
Planche VII-A. Photomicrographie en lumière polarisée de la texture porphyrique provenant de la bordure du fragment visible à la photographie 3. Échantillon MM-90-88.	40
Planche VII-B. Photomicrographie en lumière naturelle de la texture porphyrique provenant de la bordure du fragment visible à la photographie 3. Échantillon MM-90-88.	40
Planche VIII-A. Photomicrographie en lumière polarisée de la texture porphyrique provenant du centre du fragment visible à la photographie 3. Échantillon MM-90-88.	41
Planche VIII-B. Photomicrographie en lumière naturelle de la texture porphyrique provenant du centre du fragment visible à la photographie 3. Échantillon MM-90-88.	41

Planche IX. Photomicrographie en lumière naturelle de la roche métasomatique à biotite et amphibole. Échantillon MM-90-39.	43
Planche X-A. Photomicrographie en lumière polarisée des volcanites intermédiaires à biotite de l'éponte inférieure. Échantillon MM-90-67.	44
Planche X-B. Photomicrographie en lumière naturelle des volcanites intermédiaires à biotite de l'éponte inférieure. Échantillon MM-90-67.	44
Planche XI-A. Photomicrographie en lumière naturelle d'un agrégat de cristaux de biotite avec des grains de titanite. Échantillon MM-90-42.	45
Planche XI-B. Photomicrographie en lumière naturelle d'un agrégat de cristaux de muscovite associé avec la titanite. Échantillon MM-90-64.	45
Planche XII-A. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la texture typique des intrusions felsiques. Échantillon MM-90-13.	47
Planche XII-B. Photomicrographie en lumière polarisée montrant la texture typique des intrusions felsiques. Échantillon MM-90-13.	47
Planche XIII-A. Photomicrographie en lumière réfléchie de la minéralisation disséminée en pyrite, pyrrhotite, chalcopryrite et magnétite. Échantillon FR. 12 41.0.	50
Planche XIII-B. Photomicrographie en lumière réfléchie de la minéralisation en veinules. Échantillon FR. 73 91.8.	50

REMERCIEMENTS

Je tiens particulièrement à remercier la compagnie Corporation Minière Metall pour le soutien financier et technique précieux quelle m'a apporté tout au long de ces travaux. En particulier, je suis reconnaissant envers messieurs Marc Boisvert et Rodrigue Ouellet pour leur implication dans le projet, de même que messieurs Fred Speidel et Rob Fraser pour leurs discussions pertinentes et constructives.

Je remercie M. E. H. Chown, mon directeur de recherche, messieurs R. Ouellet, J. Guha et A. Nagy, membres du comité, pour leurs critiques qui ont dirigé mes travaux et aidé à l'amélioration du manuscrit.

Finalement, je dois beaucoup à tout ceux et celles avec qui j'ai discuté de la problématique de cette recherche et qui ont contribué au développement de mes idées.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

L'analyse d'un gisement d'or archéen est entreprise dans le but premier de mieux connaître, i) son contexte tectonique, ii) son environnement de déposition et iii) les processus menant à sa formation. Depuis une décennie, plusieurs travaux ont grandement contribué à l'élargissement de nos connaissances sur ce type de gisement (Colvine et al., 1988; Groves et al., 1988; Guha et al., 1988; Kerrich, 1983; Robert, 1990; Roberts, 1987). D'un autre côté, la majorité de ces études concerne des gisements mis en place au faciès métamorphique faible (schistes verts) et dans des zones de cisaillement ductiles-cassantes, juste après le pic métamorphique régional. La pression y est généralement inférieure à 400 MPa et la température varie de 300 à 400 °C.

Quoique plus rares, des gisements d'or existent au faciès amphibolite ou granulite et certains sont documentés depuis quelques années (e.g. Australie: Barnicoat et al., 1991; Chown et al., 1984; Mueller, 1991; Mueller et Groves, 1991; Phillips et De Nooy, 1988; Witt, 1991; e.g. Canada: Couture et Guha, 1990; Marmont, 1986; Harris, 1986; e.g. Brésil: Thomson, 1991). Certains suggèrent que ces derniers forment un continuum (Barnicoat et al., 1991; Mueller et Groves, 1991; Witt, 1991) avec les gisements du faciès faible et qu'ils soient formés par des mécanismes similaires. S'il s'agissait d'un continuum, les gisements situés aux faciès amphibolite et granulite seraient-ils situés plus près de la source des fluides aurifères? Aussi, leur analyse pourrait amener des éléments nouveaux dans la compréhension des

gisements du faciès faible (schistes verts). Malheureusement, la compréhension des gisements situés dans les terrains fortement déformés et métamorphisés est rendue difficile. La présence d'éléments précoces et tardifs, sans relation avec la minéralisation, perturbe l'identification et l'interprétation des facteurs génétiques.

Cette recherche concerne le gisement du Lac Troilus localisé au nord-est de la partie orientale de la ceinture archéenne de Frotet-Evans (Figure 1). Celui-ci se situe à l'intérieur de la zone de métamorphisme amphibolitique rencontrée près du contact entre la ceinture de roches vertes et les granitoïdes qui délimitent l'ensemble supracrustal (Simard, 1987). Le gisement du Lac Troilus comprend la Zone 87 et la Zone J4. Notre étude se concentre sur la Zone 87 car celle-ci contient la majorité de la minéralisation et plus de sondages y sont disponibles.

Le gisement présente des caractéristiques particulières qui sont atypiques des gisements d'or archéens de type mésothermale. Le type d'altération, avec la biotite, l'épidote et l'amphibole, l'absence de veines de quartz importantes et d'altération en carbonates en sont quelques exemples. Depuis le début de 1989, le gisement du Lac Troilus est interprété comme étant l'équivalent archéen des systèmes porphyriques aurifères phanérozoïques (Boisvert, 1989, communication personnelle; Fraser, 1993; Speidel, 1991). Cette interprétation est basée principalement sur la zonation de l'altération et de la minéralisation, de même que sur leur association avec une zone de brèche et des dykes felsiques porphyriques. Ces éléments, combinés avec la présence de la biotite dans les paragenèses minérales observées, ont mené à l'élaboration du programme de recherche présenté par ce mémoire.

Jusqu'à maintenant, peu de gisements porphyriques ont été positivement reconnus dans les terrains archéens. Quelques auteurs (Burrows et Spooner, 1986; Bureau, 1980; Colvine et Sutherland, 1979; Franklin et Thorpe, 1982; Gaál et Isohanni,

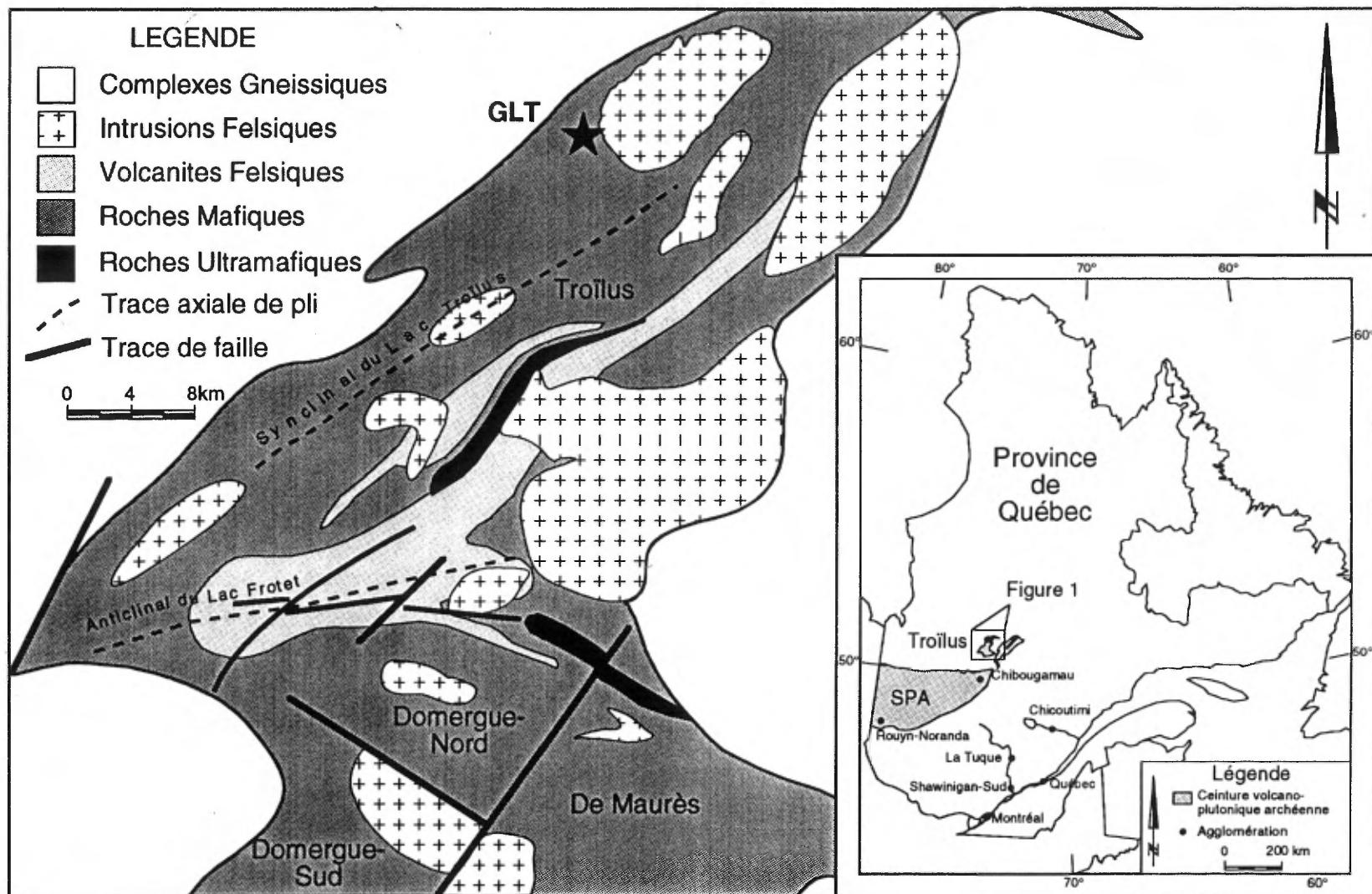


Figure 1. Carte géologique simplifiée de la partie orientale de la ceinture archéenne de Frotet-Evans. Modifiée d'après Simard (1987). SPA= sous-province de l'Abitibi, GLT= Gisement du Lac Troilus.

1979; Guha, 1984; Guha et al., 1984; Kirkham, 1972; Mason et Melnik, 1986; Roth et Groves, 1991; Sawkins 1990) ont documenté des gisements dont plusieurs caractéristiques permettent de les comparer aux gisements porphyriques. Parmi ces caractéristiques, on retrouve la taille du gisement et les teneurs présentes; le type d'altération (centre potassique avec bordure propylitique) disséminée et en fractures; le type de minéralisation en cuivre-molybdène-or, disséminée et en fractures; l'association avec une intrusion felsique porphyrique d'affinité calco-alcaline ainsi que la présence de brèches.

Les modèles utilisés lors de l'exploration minérale s'avérant cruciaux pour la découverte de nouveaux gisements, peu de place ne doit être laissée au hasard. L'importance de bien cerner les caractéristiques essentielles du gisement est indéniable pour l'élaboration d'un modèle efficace. Pour le gisement du Lac Troilus, le choix d'un modèle — que ce soit celui des systèmes porphyriques aurifères (Sillitoe, 1990) ou du modèle mésothermal amphibolitique (Barnicoat et al, 1991; Mueller, 1991; Witt, 1991)— réside dans l'identification des caractéristiques fondamentales et génétiques de celui-ci. Pour accroître les chances de réussite, cette démarche doit être entreprise le plus tôt possible dans le processus d'exploration.

Les objectifs de cette recherche consistent à: 1) définir la pétrographie de l'altération, 2) établir une zonation de l'altération et de la minéralisation et 3) déterminer les variations chimiques significatives et leurs relations avec les altérations rencontrées. Ceci aidera à valider ou non le parallélisme déjà formulé avec les gisements porphyriques et permettra aux divers intervenants de développer une stratégie pour l'exploration de ce type de gisements dans la ceinture de Frotet-Troilus.

Les travaux suivants ont été effectués: 1) observation des carottes de sondage au diamant, 2) étude pétrographique de lames minces conventionnelles et polies, de

même que de blocs vernis, 3) traitement des analyses géochimiques d'éléments majeurs et traces provenant des données déjà disponibles et 4) analyse à la microsonde électronique des principaux minéraux rencontrés. Ces observations sont utilisées pour déterminer le protolithe des zones altérées et minéralisées, définir les conditions de pression-température métamorphiques et établir la chronologie des différents événements comme le métamorphisme, l'altération, la minéralisation, la mise en place des dykes porphyriques et la formation de la brèche.

Finalement, une comparaison entre le gisement du Lac Troïlus, les systèmes porphyriques aurifères phanérozoïques et les gisements aurifères archéens du faciès moyen (amphibolite) est présentée.

CHAPITRE 2

CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Le gisement du Lac Troilus est situé dans la portion orientale de la ceinture volcano-sédimentaire archéenne de Frotet-Evans (Figure 1), à 120 km au nord de Chibougamau. La géologie de la région de Frotet fut décrite successivement par Murphy (1966), Rondot (1972), Gunter (1977), Hocq (1978), Roy (1986) et Simard (1987). L'empilement volcanique de la région de Frotet-Troilus est caractérisé par l'alternance des laves mafiques magnésiennes et de formations volcanoclastiques intermédiaires à felsiques d'affinité calco-alkaline (Simard, 1987). Cette région comprend quatre domaines structuraux (Figure 1; Simard, 1987), séparés entre eux par des failles régionales. Ceux-ci sont, du sud vers le nord, les domaines de De Maurès, Domergue-sud, Domergue-nord et de Troilus. Tous montrent des caractéristiques structurales et stratigraphiques distinctes.

2.1 STRATIGRAPHIE

Nous nous limitons ici à la description des unités stratigraphiques comprises dans le domaine de Troilus où se situe le gisement du Lac Troilus (GLT, figure 2). Ce domaine est délimité au sud par une faille majeure traversant le lac Frotet d'est en ouest et par des intrusions granitoïdes au nord, à l'est et à l'ouest. Le gisement est situé sur le flanc nord-est du synclinal du Lac Troilus (Figure 2) qui occupe la partie nord du lac du même nom. Ce synclinal, déversé vers le sud-est, est orienté nord-est et sa charnière plonge vers le nord-est. Sur le flanc sud-est de ce pli, on retrouve le

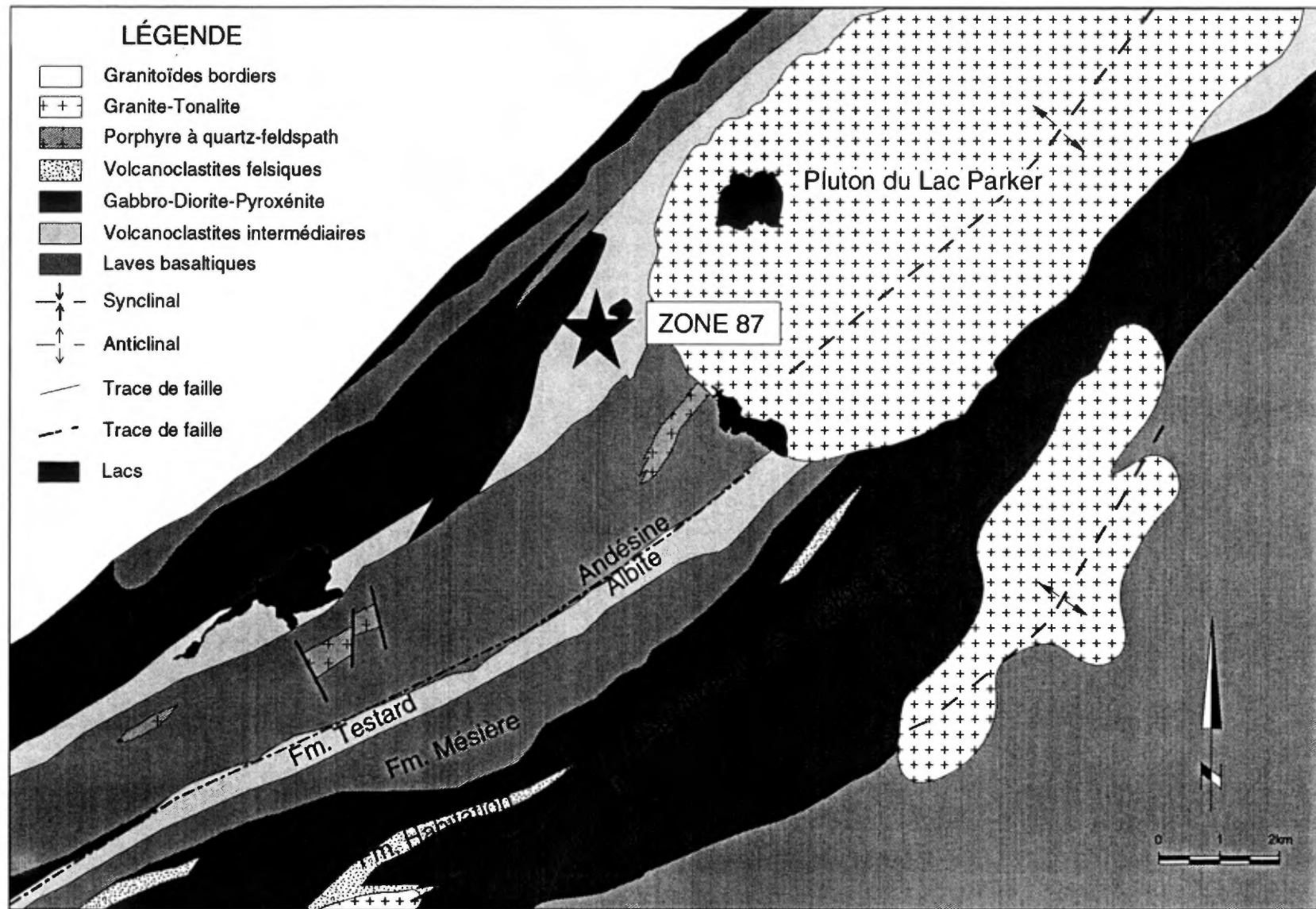


Figure 2. Carte géologique du secteur Troilus Nord, modifié d'après Simard (1987).

Groupe de Troilus en entier tel que défini par Simard (1987), alors que seule la moitié supérieure du groupe est observée sur le flanc nord-est.

Le Groupe de Troilus est divisé en six formations qui sont, de la base vers le sommet: les Formations d'Odon, de Frotet, de Crochet, de Testard, de Mésière et de l'Habitation (Figure 3). Aucune discontinuité ne sépare ces formations entre elles. Dans la région immédiate du GLT, seules les trois dernières formations ont été reconnues et, en fait, la position stratigraphique exacte du gisement du Lac Troilus demeure incertaine. Le tableau 1 montre la composition moyenne de quelques unités des formations du Groupe de Troilus.

La formation la plus jeune est celle d'Odon, composée de basaltes komatiitiques (MgO, 11% à 13%) coussinés variolitiques interstratifiés avec des horizons décimétriques de tufs leucocrates laminés (épiclastites).

Située au-dessus de la Formation d'Odon, la Formation de Frotet est constituée de pyroclastites intermédiaires calco-alkalines, principalement des tufs à blocs, tufs à lapillis et tufs à cristaux de plagioclase. De petites quantités de sédiments finement lités (argilites) sont observables près du sommet.

La Formation de Crochet repose sur la Formation de Frotet. De faible épaisseur, elle possède cependant une bonne continuité latérale. Elle est constituée de basaltes komatiitiques (MgO, 11% à 14%) principalement coussinés contenant des cristaux squelettiques d'olivines visibles à l'oeil nu. Cette formation montre une forte altération (carbonatisation et silicification), particulièrement en approchant le sommet.

La Formation de Testard, située au-dessus de la précédente, est composée de tufs et tufs à lapillis avec des quantités moindres d'argilites et de grès. De la stratigraphie définie par Simard (1987), la formation de Testard est la plus jeune à être reconnue sur la propriété Troilus Nord.

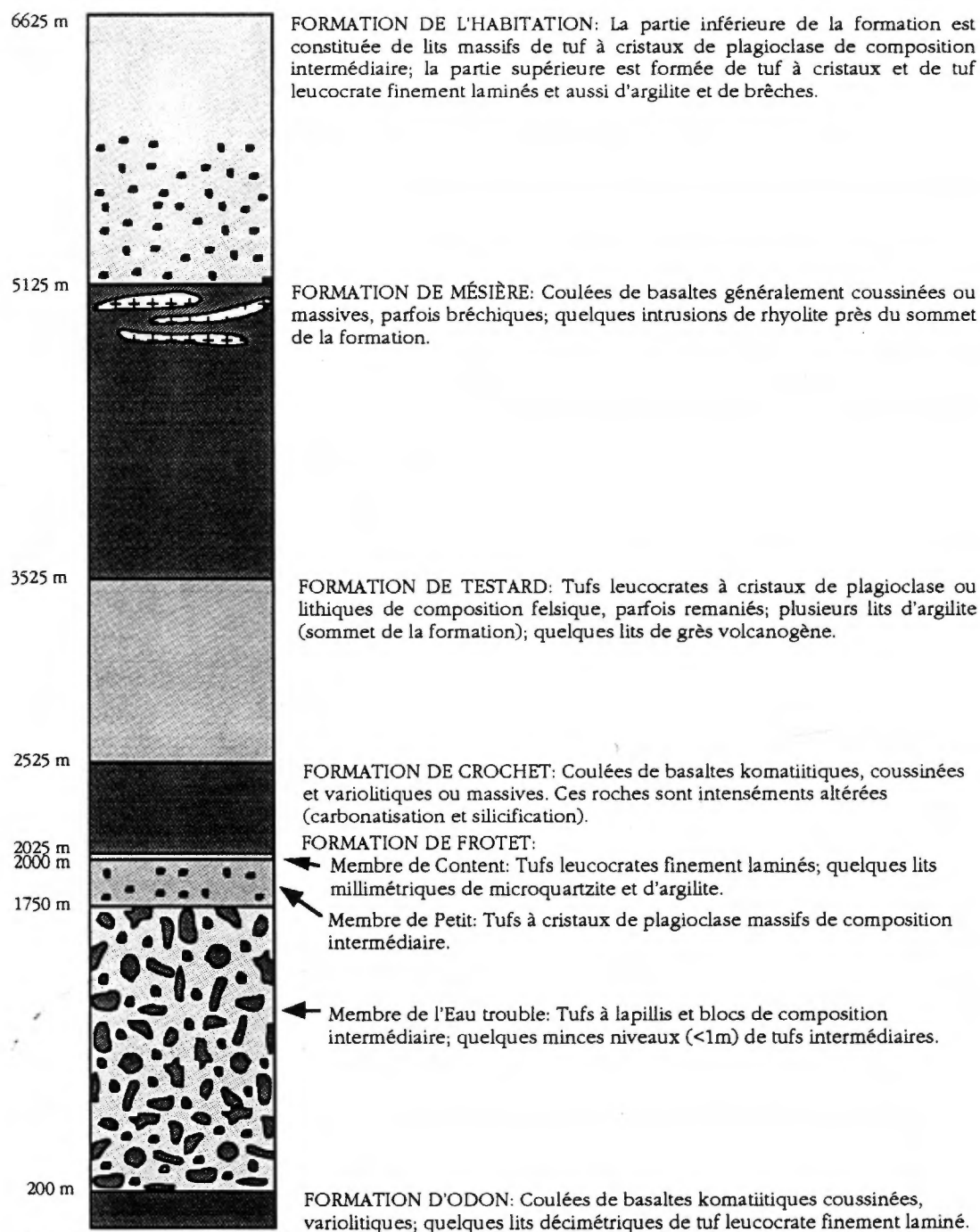


Figure 3. Colonne stratigraphique synthétique du Groupe de Troilus. Tirée de Simard, (1987).

Tableau 1. Composition chimique moyenne de quelques lithologies provenant des formations du Groupe de Troïlus
(Tiré de Simard, 1987)

Fm. Litho.	Odon Basaltes kom. n= 7	Frotet Tuf à cristaux n=1	Crochet Basaltes kom. n= 5	Testard Tuf leucocrate n=1	Mésièrè Basaltes Mg n= 29	Habitation Tufts n=4
SiO ₂	47,94	63,8	47,84	69,8	48,63	65,08
TiO ₂	0,55	0,58	0,37	0,56	0,90	0,38
Al ₂ O ₃	14,17	14,6	13,38	15,7	14,80	16,19
Fe ₂ O ₃		1,33		0,97	2,47	4,89*
FeO	8,99	3,83	11,68	0,42	9,42	
MgO	11,13	3,40	13,10	0,78	7,61	1,88
CaO	9,69	3,92	9,42	1,58	10,81	3,41
Na ₂ O	1,79	4,03	1,78	3,08	1,96	3,38
K ₂ O	0,18	0,15	0,05	3,08	0,08	2,31
P ₂ O ₅	0,03	0,16	0,07	0,36	0,06	0,58
Rb	6	9	—	84	4	—
Nb	5	4	—	4	4	—
Sr	106	230	—	260	112	—
Y	12	11	9	12	20	—
Zr	39	150	24	230	58	—
Ni	289	—	232	—	128	—

* Fer total. Éléments majeurs en pourcentage poids. Éléments traces en ppm.

La Formation de Mésièrè, composée de laves basaltiques tholéiitiques avec des horizons restreints de tufs intermédiaires à felsiques intercalés, se retrouve au-dessus de la Formation de Testard. Ces laves sont coussinées ou massives et contiennent localement des phénocristaux de plagioclase.

Au sommet de la stratigraphie, on retrouve la Formation de l'Habitation constituée de roches sédimentaires d'affinité calco-alcaline. Elle occupe le centre du synclinal du Lac Troïlus. On y retrouve des tufs à cristaux ou fragments de plagioclases et quartz à la base de la séquence. Localement lités, ces dépôts pourraient être des épichlastites. La partie supérieure de la formation est composée, par ordre d'importance, de tufs à cristaux, tufs à lapillils, tufs leucocrates, sédiments argileux de brèches volcaniques polygéniques et de chert.

De nombreux filons-couches gabbroïques différenciés se sont mis en place dans l'empilement volcanique et sont contemporains des roches volcaniques. Les intrusions felsiques peuvent être divisées en deux catégories: celles situées dans la ceinture de roches vertes (synvolcanique à post-tectonique) et celles qui délimitent cette ceinture (syn à tardi-tectonique). Le gisement du lac Troïlus est situé à environ 2,5 km des granitoïdes bordiers et à 1 km de l'intrusion granitique du lac Parker (Figure 2).

Thibeault (1985) a obtenu un âge de 2750 ± 28 Ma et 2780 ± 28 Ma (U-Pb sur Zircon) sur un échantillon de volcanite intermédiaire provenant de la base de la Formation de Froiet. La présence d'une croûte sialique plus vieille est suggérée par un résultat de 3003 ± 28 Ma.

2.2 STRUCTURE

La stratigraphie (S_0) et la foliation régionale (S_n) sont sub-parallèles et elles sont orientées nord-est-sud-ouest avec un pendage de 60° à 75° . Un pli d'importance (synclinal du Lac Troilus), déversé vers le sud-est, a été déterminé avec des polarités volcaniques et sédimentaires. La propriété Troilus-Nord est située sur le flanc nord-ouest de ce synclinal. Ce dernier répète la stratigraphie décrite précédemment à l'exception des formations de Crochet, de Frotet et d'Odon qui n'ont pas été reconnues sur la propriété (Magnan, 1990b). D'ailleurs, la position stratigraphique du gisement n'est pas connue avec précision car l'interprétation structurale de la région est incomplète. Il est possible que d'autres plis soient présents entre le synclinal du lac Troilus et le gisement. Ceci pourrait expliquer l'absence des trois formations basales du Groupe de Troilus. La présence de failles majeures parallèles à la stratigraphie pourrait aussi compliquer le contexte structural.

Notons aussi que la déformation augmente sensiblement à l'approche des granitoïdes bordiers. Ceci se traduit par une augmentation de la foliation et par une linéation d'étirement orientée à environ $30-45^\circ$ avec un plongé de $\pm 50^\circ$. Ce type de déformation s'apparente au Couloir de Bordure Nord (CBN) observable au contact entre la sous-province de l'Abitibi et la sous-province de l'Opatika (Daigneault et Archambault, 1990). Benn et al. (1992) et Sawyer et Benn (sous presse) ont documenté le style structural des contacts entre la ceinture de l'Opatika et les ceintures de l'Abitibi et de Frotet-Troilus. Ces auteurs établissent un parallèle entre ces régions et le front d'une chaîne de montagne Phanérozoïque.

2.3 MÉTAMORPHISME

Selon Simard (1987), le métamorphisme dans la région est variable. Au centre de la ceinture, on retrouve un faciès faible (schistes verts) et un faciès moyen (amphibolite) est observé près des intrusions granitiques qui bordent la ceinture. Ces interprétations sont basées sur la composition du plagioclase et de l'amphibole. Le secteur comprenant le gisement du lac Troilus est entièrement compris dans le faciès moyen caractérisé par l'oligoclase et la hornblende (Simard, 1987). Le niveau amphibolitique que l'on retrouve près des intrusions bordières serait dynamo-thermique (Simard, 1987), synchrone avec le métamorphisme régional et relié à la mise en place de ces granitoïdes. L'intensité du métamorphisme augmente en les approchant.

Turner (1981), définit un métamorphisme de contact comme étant contrôlé par la proximité d'un corps intrusif, et un métamorphisme régional comme étant d'une étendue considérable sans être relié à une intrusion de magma. Selon ces définitions, le type de métamorphisme présent près du gisement en est un de contact. Par contre son étendue est beaucoup plus considérable qu'une simple auréole autour d'une intrusion car on retrouve ce niveau métamorphique près des intrusions bordières tout autour de la ceinture de Frotet-Troilus (Simard, 1987). Il est important de noter que la présence d'un niveau métamorphique moyen près d'une intrusion n'implique pas de pression lithostatique plus importante que pour le faciès régional car les deux faciès métamorphiques se trouvent au même niveau structural.

Il est également possible que le faciès moyen représente un niveau structural plus profond, amené plus près de la surface par un système de failles inverses synchrones avec la mise en place des intrusions bordières. Dans ce cas, le métamorphisme implique une pression lithostatique plus importante. Le style de

déformation (ductile) rencontré dans le secteur de Troilus Nord suggère un niveau structural plus profond ce qui est consistant avec le modèle de Sawyer et Benn (sous presse), qui implique une imbrication simple de la ceinture d'Opatika sous la ceinture de Frotet-Troilus et sous la portion nord de la ceinture de l'Abitibi.

CHAPITRE 3

GÉOLOGIE DU GISEMENT DU LAC TROÏLUS

Le gisement du lac Troïlus fut découvert en 1987 par Kerr Addison Mines à partir d'un train de dispersion glaciaire anormale en or et cuivre. Il est actuellement détenu la Corporation Minière Metall. Les connaissances actuelles sur la géologie du gisement du lac Troïlus proviennent principalement des sondages au diamant. L'absence d'affleurement près du gisement gêne à la bonne compréhension de la géologie locale, principalement du côté structural.

Actuellement inexploitées, les réserves géologiques estimées sont de l'ordre de > 60 millions de tonnes à 1,4 g/t Au, 1,5 g/t Ag et 0,11 % Cu (Speidel, 1991) pour les zones 87 et J4. La partie de ces réserves contenues dans la Zone 87 est répartie dans une enveloppe irrégulière (Figures 4 et 5) orientée à N45° avec un pendage de 55-60° vers le nord-ouest. Les dimensions de cette enveloppe sont de ± 1000 m de long, par plus de 500 m de profondeur et par ± 30 à 100 m d'épaisseur. À l'intérieur de cette enveloppe, la minéralisation se retrouve sous forme de lentilles parallèles plus ou moins anastomosées (Figures 4 et 5). L'extension verticale de la minéralisation est d'au moins 500 m et demeure ouverte en profondeur. À 500 m de profondeur, la zone minéralisée ne semble formée que par une lentille d'environ 40 m d'épaisseur mais cette observation peut être faussée par le peu de sondages profonds dont nous disposons.

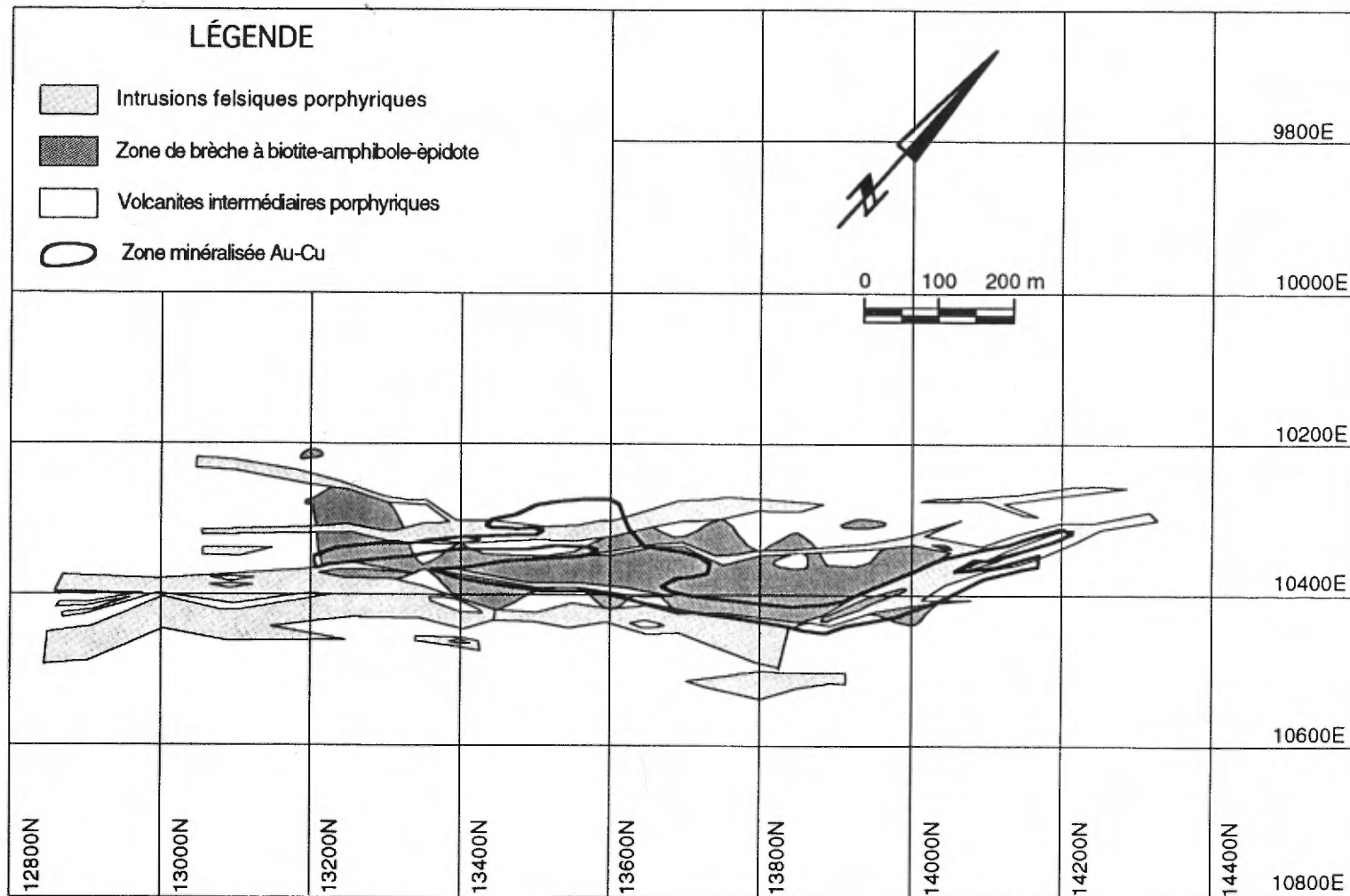


Figure 4. Plan de surface montrant la géologie et le contour de la minéralisation économique pour la Zone 87.

3.1 LITHOLOGIE

Nous décrivons ici les principales unités rencontrées dans la Zone 87. Les descriptions microscopiques et géochimiques se retrouvent dans les prochains chapitres. Du toit structural vers le mur, les unités suivantes sont rencontrées (Figure 5): des volcanites porphyriques "fraîches" qui forment l'éponte supérieure, une zone de brèche à biotite-amphibole et épidote contenant la majorité de la minéralisation, des volcanites porphyriques biotitisées et un schiste à biotite-muscovite constituant l'éponte inférieure. Elles sont décrites dans cet ordre. Ces unités sont recoupées par des dykes felsiques, localement porphyriques, qui sont géométriquement associés à la minéralisation. Des dykes granitiques, pegmatitiques et gabbroïques, de même que de rares lamprophyres sont aussi rencontrés dans la Zone 87. Le pluton granitique du lac Parker, situé à moins de 1 km à l'est du gisement, complète le tableau de la géologie locale. Les figures 4 et 5 montrent respectivement l'interprétation géologique du plan de surface et de la section 136+00 N du gisement.

3.1.1 VOLCANITES PORPHYRIQUES

Ces roches porphyriques sont surtout rencontrées dans l'éponte supérieure où elles sont relativement fraîches. Macroscopiquement, elles sont hétérogènes avec une matrice gris pâle verdâtre et une quantité variable de phénocristaux de plagioclase hypidiomorphes submillimétriques (Planche I-A). La répartition de ces cristaux donne localement l'impression d'un litage primaire. Une foliation faible est omniprésente et elle semble mieux développée lorsqu'il y a moins de phénocristaux. Il est donc possible que ce pseudo-litage soit causé par du cisaillement, provoquant une perte de texture. Les volcanites porphyriques, de composition intermédiaire, représentent la lithologie dominante dans le gisement. En fait, elles constituent peut être le protolithe

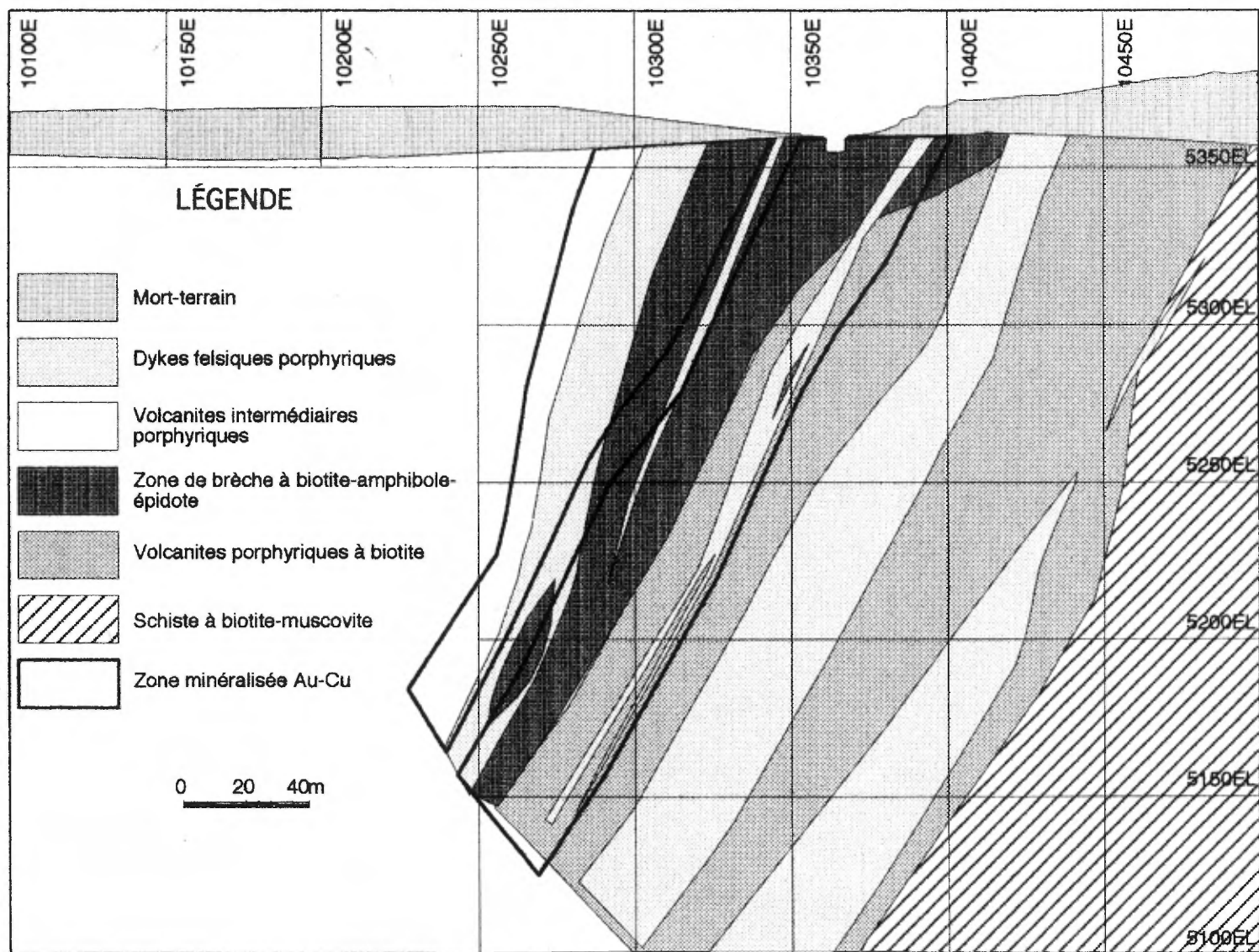


Figure 5. Section 136+00N de la Zone 87 montrant la géologie et le contour de la minéralisation économique. Regard vers le nord-est.

des unités, autres que intrusives, rencontrées dans la Zone 87. Un doute persiste sur la vraie nature de ces roches porphyriques à savoir si ce sont des roches volcaniques ou intrusives et si elles représentent bien le protolithe des roches altérées et minéralisées. À ce sujet, des évidences microscopiques et géochimiques seront apportées dans les prochains chapitres.

3.1.2 BRÈCHE À BIOTITE-AMPHIBOLE-ÉPIDOTE

Cette brèche, située au centre de la zone minéralisée, est bordée par deux dykes felsiques majeurs (Figure 5). Il existe une zone de transition entre la brèche et les volcanites porphyriques de l'éponte supérieure. Cette transition se caractérise par une augmentation de la proportion de biotite et d'amphibole et par la destruction partielle ou complète de la texture porphyrique. La zone de brèche est caractérisée, en son centre, par la présence de fragments porphyriques (jusqu'à 60% de plagioclases submillimétriques) dans une matrice foliée, composée de biotite, amphibole, épidote, quartz et feldspaths. Les fragments sont arrondis et de sphéricité variable, ils sont en forme de cigare ou d'assiette montrant un étirement préférentiel (Planche I-B et II-A). De plus, les fragments sont plus angulaires lorsque la brèche est mal développée. La présence de phénocristaux de plagioclase dans les fragments de cette brèche suggère que le protolithe de celle-ci soit le même que celui de l'éponte supérieure. La texture porphyrique observée dans les fragments est toujours mieux développée que dans les volcanites de l'éponte supérieure. Les fragments, centimétriques à décimétriques, montrent des contacts parfois très nets mais souvent diffus et difficiles à identifier en sondage.

Quelques fragments montrent une zonation concentrique avec une bordure porphyrique et un centre non porphyrique contenant plus de biotite et montrant une foliation bien développée (Planche II-A). Il est possible d'observer des fragments qui

Planche I-A. Texture des volcanites porphyriques de l'éponte supérieure. Les cristaux de plagioclase en blanc et les agrégats de cristaux de biotite (lentilles foncées) sont bien visibles. Remarquez l'altération en biotite à gauche causant une bordure blanche, semblable aux bordures des fragments dans la brèche. Échantillon MM 90-32.

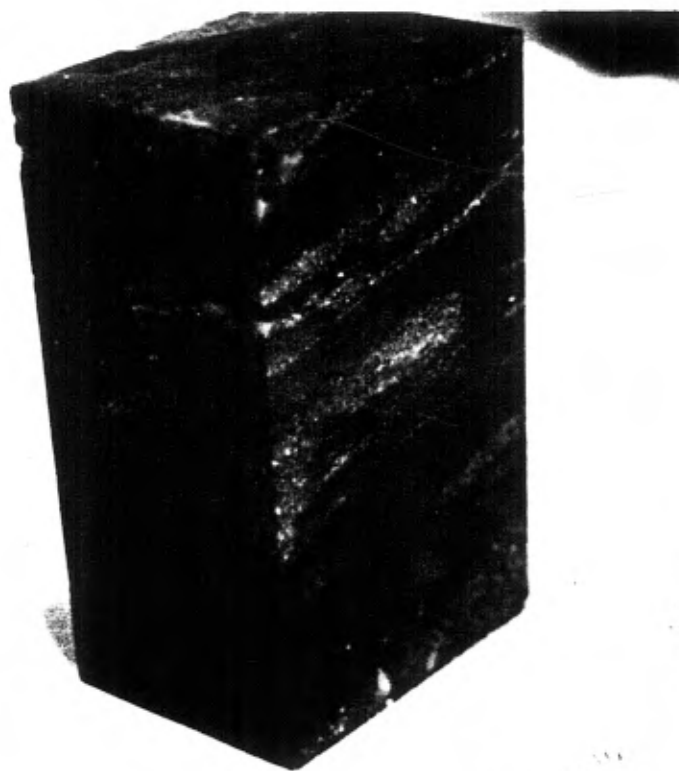
Planche I-B. Bloc provenant de la zone de brèche où l'on remarque les fragments porphyriques plus clairs dans une matrice de biotite-amphibole et épidote brun foncé. Notons la forme arrondis des fragments sur une face du bloc et la forme allongée sur l'autre face. On peut voir une veinule de sulfures (Pyrrhotite-chalcopryrite-pyrite) au tiers supérieur du bloc. Échantillon MM-90-88.

PLANCHE I-A



Centimetres

PLANCHE I-B



Centimetres

s'emboîtent très bien les uns dans les autres suggérant peu de mouvement dans la brèche. D'autres sont clairement séparés en deux parties par une fracture montrant de la biotite et de l'amphibole dans ses épontes. Ces caractéristiques évoquent un mode de formation où un fluide circule dans un réseau de fractures discrètes en remplaçant progressivement la minéralogie du protolithe par celle de la matrice, et laissant des îlots relativement intacts entre les fractures.

A quelques endroits dans la zone de brèche, il est possible d'observer des intervalles décimétriques à métriques constitués principalement d'amphibole et de biotite avec des traces de feldspath et de quartz. Aucun fragment n'est visible. Des veinules, millimétriques à centimétriques, de chalcopryrite-pyrrhotite massives y sont observées. Ce type d'intervalle est aussi rencontré à l'extérieur de la zone de brèche. Ils sont alors centimétriques à décimétriques et composés de biotite-amphibole-épidote-plagioclase et quartz. Les contacts avec les volcanites porphyriques sont graduels sur quelques décimètres.

Ce type d'intersection est actuellement interprété comme étant du remplacement intense des volcanites intermédiaires porphyriques. Des évidences pétrographiques et géochimiques seront apportées pour soutenir cette conclusion. Nous appellerons ces intervalles "roche métasomatique à biotite-amphibole" en se basant sur cette interprétation.

3.1.3 VOLCANITE PORPHYRIQUE À BIOTITE

L'éponte inférieure est constituée d'une unité distincte fortement biotitisée, préalablement interprétée comme une pyroclastite à cendres et lapillis. Elle montre une couleur brun foncé homogène avec une granulométrie fine avec localement des fragments millimétriques angulaires de couleur sombre (max. 5 %) et d'autres millimétriques à centimétriques (1,5 à 2 cm max.) qui sont sphériques. À cause de la

présence de ces fragments d'apparence primaire et de l'absence de texture porphyrique, l'éponte inférieure était considérée comme une unité différente de l'éponte supérieure. Le passage entre cette unité et la zone de brèche semble graduel. On observe une diminution de la proportion d'amphibole et la texture porphyrique n'est pas visible.

Actuellement, les observations pétrographiques et la composition chimique de ces roches suggèrent que leur protolithe soit le même que celui de l'éponte supérieure. Nous en discuterons dans les prochains chapitres.

3.1.4 SCHISTE À BIOTITE-MUSCOVITE

De l'unité précédente, on passe graduellement à un schiste à muscovite et biotite. Cette unité montre un rubanement compositionnel avec des bandes riches en biotite et d'autres riches en muscovite. Cette unité n'est pas observée systématiquement dans l'éponte inférieure mais se retrouve principalement dans la portion nord-est du gisement, près du pluton du lac Parker. Elle n'est pas porteuse de minéralisation significative et la relation entre ce schiste à muscovite-biotite et la Zone 87 demeure incertaine.

3.1.5 DYKES FELSIQUES "PORPHYRIQUES"

Ces dykes sont omniprésents dans Zone 87 comme le montrent les figures 4 et 5. Ils possèdent une puissance métrique à décamétrique et une extension hectométrique à kilométrique, ce qui suggère une nature intrusive plutôt qu'extrusive. Les dykes les plus minces sont souvent discontinus. Ils occupent manifestement l'axe central du gisement et se font rares en s'y éloignant. Les contacts francs sont rares car ils sont dans la plupart des cas cisailés et altérés en muscovite.

La roche est homogène aphanitique avec une couleur gris jaunâtre. Quelques

Planche II-A. Surface polie d'un échantillon provenant de la zone de brèche. On aperçoit un fragment zoné dans la partie supérieure gauche. Des fragments de veinules de quartz boudinées contenant des sulfures (pyrrhotite-pyrite-chalcopryrite) sont visibles. Les fragments sont étirés dans la foliation et sont traversés par des filonnets de biotite-amphibole. Échantillon MM-90-88.

Planche II-B. Intrusion felsique "porphyrique" avec rubanement commun causé par une alternance des bandes riches en biotite et d'autres riches en muscovite. Les lentilles brun foncé sont des agrégats de cristaux de biotite. Quelques cristaux de plagioclase millimétriques sont visibles (couleur blanc jaunâtre). Échantillon MM-90-07.

PLANCHE II-A

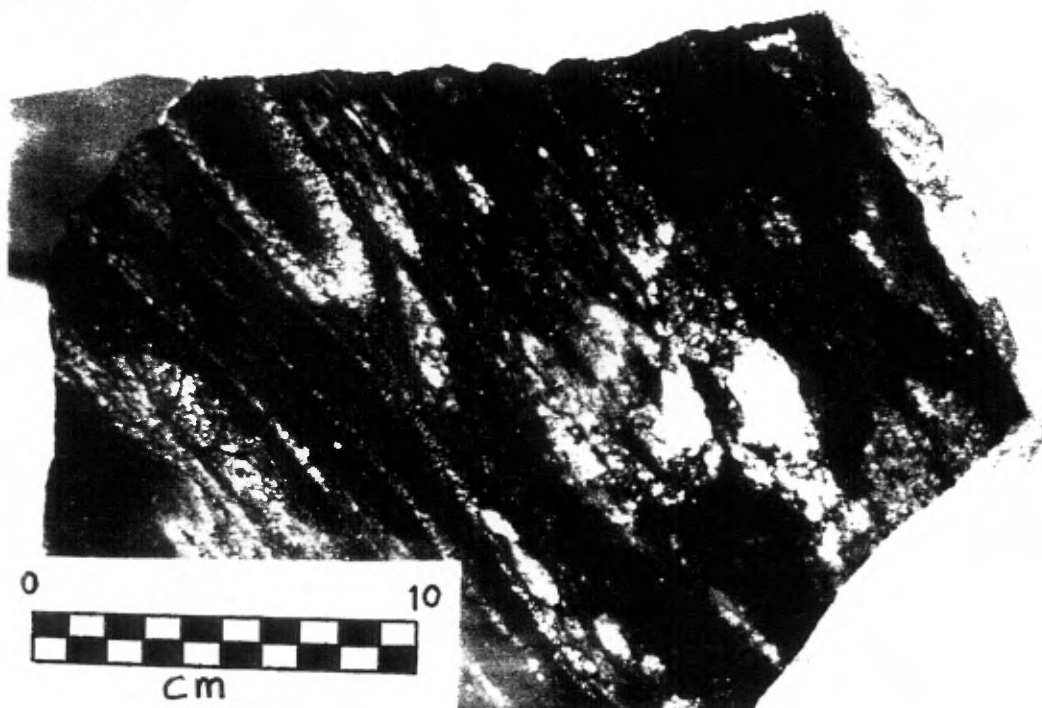
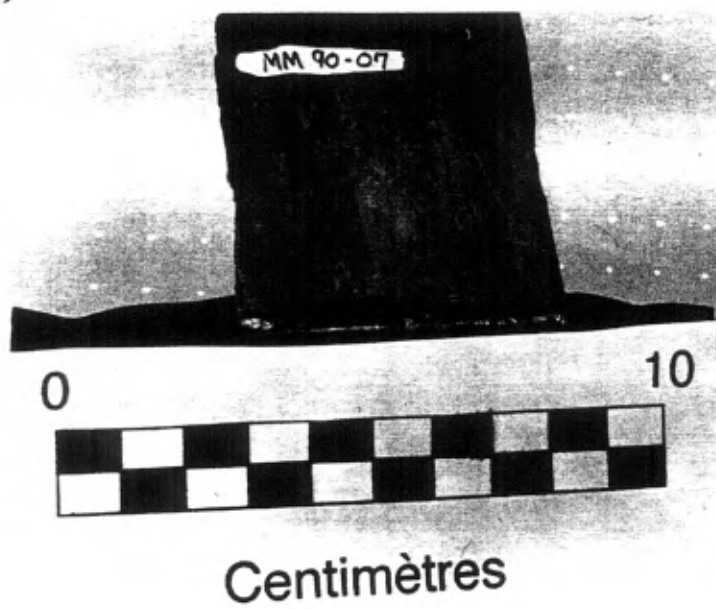


PLANCHE II-B



cristaux submillimétriques de plagioclase et de quartz sont visibles localement de même que des agrégats de cristaux de biotite (Planche II-B). Ces dykes montrent localement une bréchification semblable à celle observée dans la zone bréchique mais avec une minéralogie différente. On observe, dans ce cas, des îlots brunâtres contenant de la biotite, entourés d'altération en muscovite contrôlée par des fractures discrètes (Planche IIB). Notons aussi que, même s'ils sont situés dans la zone de forte altération en biotite, les dykes felsiques contiennent rarement plus de 10% de ce minéral.

3.1.6 AUTRES DYKES

Cette catégorie comprend les dykes de gabbro, de granite, de pegmatite et les lamprophyres. Ceux ci ne sont pas montrés sur les figures 4 et 5 car leur épaisseur ou leur extension ne le permet pas. Les dykes de gabbro pourraient être synvolcaniques et cogénétiques avec les volcanites mafiques que l'on retrouve dans la région. Dans l'environnement immédiat du gisement, ceux ci sont de faible épaisseur et difficiles à corréler d'un sondage à l'autre.

Dans les sondages au diamant, les dykes de granite sont rencontrés à grande profondeur près du pluton du lac Parker, ce qui laisse supposer un lien génétique entre eux. Ils ne montrent pas de foliation tectonique et ne sont pas minéralisés, ce qui suggère une mise en place tardive. Les pegmatites et les lamprophyres sont rares et ne montrent pas de relations spatiales avec la minéralisation et l'altération. Ils ne sont pas foliés, ni minéralisés.

3.1.7 PLUTON DU LAC PARKER

Le pluton granitique du Lac Parker est situé à moins de un kilomètre à l'est de la Zone 87 et il couvre une superficie d'environ 70 km² (Figure 2). Celui-ci est décrit

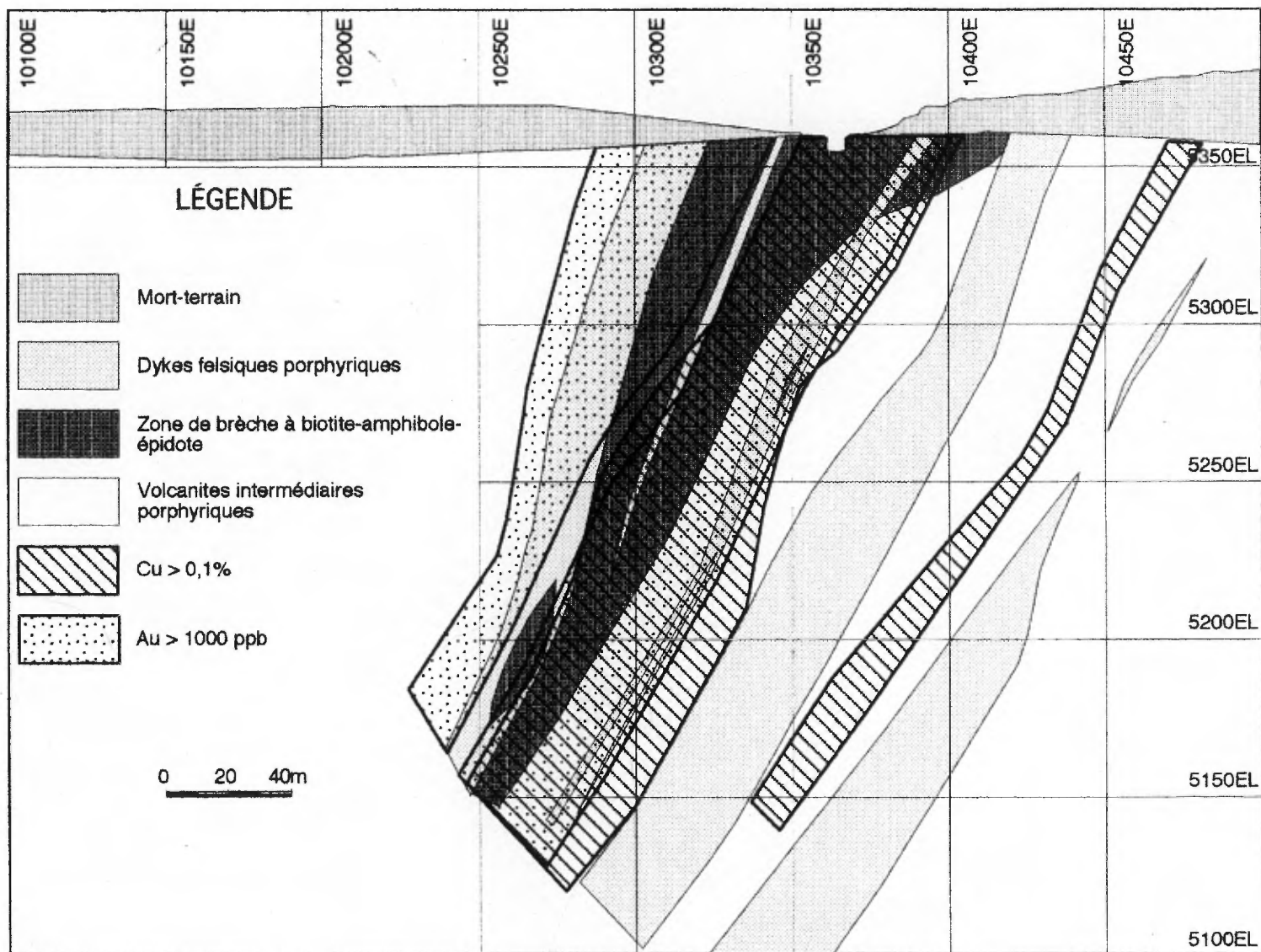


Figure 6. Section 136+00N de la Zone 87 montrant la géologie et les zones où le cuivre est supérieur à 0,1% et l'or supérieur à 1000 ppb. Regard vers le nord-est.

par Hocq (1978) comme ayant une granulométrie moyenne homogène et composé principalement de feldspath potassique, plagioclase, quartz, biotite chloritisée et de minéraux secondaires comme la muscovite, l'épidote et l'apatite. Des travaux de terrain effectués par Corporation Minère Metall ont montré l'existence d'un faciès porphyrique à phénocristaux de feldspath potassique perthitiques.

Le pluton ne montre pas de foliation tectonique et sa forme est allongée selon un axe nord-est sud-ouest dans un rapport de trois pour un. Il ne possède pas d'auréole de métamorphisme de contact. Les dykes granitiques tardifs observés dans la Zone 87 sont éventuellement des apophyses du pluton du lac Parker.

3.2 STRUCTURE ET MÉTAMORPHISME

Toutes les unités décrites précédemment, à l'exception des dykes granitiques, pegmatitiques, des lamprophyres et du pluton du lac Parker, montrent une foliation bien développée. Cette foliation est marquée par la présence des micas et des amphiboles mais ne produit pas une schistosité qui débite la roche en plan. Une phase de plissement tardive reprend la foliation. Celle-ci est surtout visible dans le schiste à biotite-muscovite de l'éponte inférieure où l'on observe, en forage, des plis centimétriques reprenant la schistosité.

3.3 MINÉRALISATION

La révision de plusieurs sondages dans la Zone 87 a permis de définir une zonation des minéraux métalliques. La quantité de sulfures atteint 2-3%, parfois 5% dans la zone minéralisée avec la dominance de la chalcopryrite et de la pyrrhotite sur la pyrite. La sphalérite, la galène, la magnétite et la marcassite sont aussi présentes en faibles quantités (Agha et Chryssooulis, 1990), de même que des traces d'or natif. Macroscopiquement, on observe plusieurs formes de minéralisation. La majorité de celle-ci se trouve disséminée dans les plans de foliation, dans des veinules

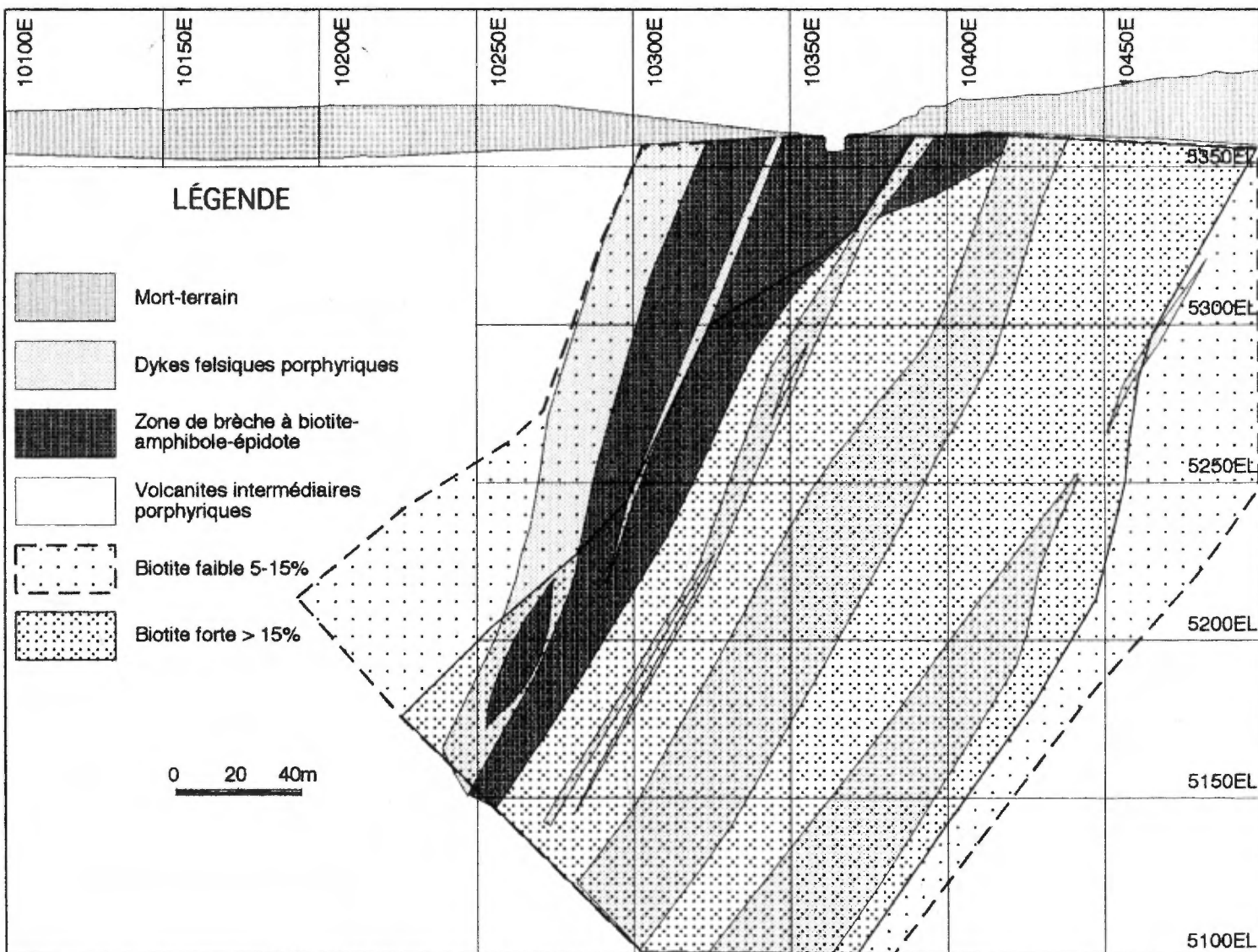


Figure 7. Section 136+00N de la Zone 87 montrant la géologie et les faciès d'altération en biotite. Regard vers le nord-est.

millimétriques de quartz parallèles à la foliation, avec des amas de quartz et dans des veines centimétriques de sulfures semi-massifs. Une quantité indéterminée de métaux se retrouve dans des fractures millimétriques tardives qui recoupent la majorité des structures tectoniques. La minéralisation disséminée est principalement constituée de pyrite, pyrrhotite, chalcopryrite et magnétite alors que l'on retrouve la sphalérite et la galène dans les veinules de quartz. En s'éloignant de la zone minéralisée, la quantité de sulfures devient inférieure à 1 % et la pyrite devient dominante avec la pyrrhotite au second rang. À l'intérieur des dykes felsiques porphyriques, la pyrite constitue le sulfure principal.

Une relation spatiale entre l'or et le cuivre est visible à l'intérieure du gisement. Les contours des valeurs en or et cuivre indiquent qu'il existe une zone aurifère dans l'éponte supérieure, une zone cuprifère dans l'éponte inférieure et un centre contenant les deux métaux (Magnan, 1990a; Figure 6). Cette zonation n'est pas omniprésente dans tout le gisement et elle est surtout visible sur les sections 135+00N et 136+00N (Figure 6).

Dans la Zone 87, la minéralisation aurifère et cuprifère affectionne les sites suivants: la zone de brèche à biotite-amphibole-épidote (à l'intérieur de celle-ci, la minéralisation se retrouve autant dans la matrice que dans les fragments), les dykes felsiques porphyriques et les contacts entre ces dykes et leur encaissant. Notons que les contacts des dykes felsiques semblent influencer grandement la distribution de la minéralisation. Les différences de composition chimique et de comportement rhéologique entre les dykes felsiques et leur encaissant pourraient expliquer cette situation. Plusieurs auteurs (entre autre Christmann, 1979; Maillet 1978) ont suggéré que la minéralisation Au-Cu des gisements du Camp minier du Lac Doré de Chibougamau ait été contrôlée par la présence de dykes intermédiaires à felsiques,

ces derniers faisant office d'écrans imperméables au passage des fluides minéralisateurs.

Quelques zones situées dans l'éponte supérieure et dans l'éponte inférieure sont aussi porteuses d'or et de cuivre. La figure 6 montre les contours du cuivre et de l'or pour la section 136+00 N, superposés à l'interprétation géologique.

3.4 ALTÉRATION

Les silicates, principalement la biotite, montrent eux aussi une distribution spatiale zonée à l'intérieur et autour du gisement. Cette distribution spatiale de la biotite est représentée sur la figure 7 pour la section 136+00N. Les termes faible (< 5%), moyen (5-15%) et fort (>15%) représentent l'intensité d'altération en biotite évaluée visuellement. Dans les dykes felsiques porphyriques, l'altération en biotite est rarement bien développée puisque celle-ci n'est présente qu'en faibles quantités. Il est possible que la muscovite présente dans ces dykes soit l'expression de l'altération qui produit de la biotite dans les roches intermédiaires.

Sur la section 136+00 N, on remarque une zone de forte altération en biotite, centrée sur un dyke felsique. La zone de brèche occupe la partie supérieure de cette zone d'altération qui se poursuit une centaine de mètres environ dans l'éponte inférieure. On remarque aussi que la brèche n'est pas toujours fortement altérée en biotite. Dans l'éponte supérieure, la proportion de biotite diminue rapidement pour devenir faible alors qu'elle est progressivement remplacée par la muscovite dans le schiste à muscovite-biotite de l'éponte inférieure.

L'épidote est présente principalement dans la partie supérieure de la zone de brèche où elle occupe la matrice de cette dernière. L'amphibole, occupe aussi la matrice de la brèche et on la retrouve ici et là dans des zones de cisaillement situées dans l'éponte supérieure.

CHAPITRE 4

PÉTROGRAPHIE

Les observations pétrographiques ont été effectuées à partir de lames minces conventionnelles préparées par l'auteur et de lames minces polies déjà disponibles (Carson, 1990). Au nombre de 158 (88 MM et 70 CARSON), les échantillons proviennent principalement des sections 134+00 nord, 136+00 nord et 139+00 nord qui furent choisies pour leur représentativité. Deux échelles d'échantillonnage furent utilisées soit une à la grandeur du gisement et l'autre à l'échelle des conduits d'altération en biotite-amphibole-épidote. L'objectif de cette démarche consiste à comparer les distributions qui pourraient être présentes à ces deux échelles. Les unités définies au chapitre 3 sont décrites ici dans le même ordre, c'est à dire de l'éponte supérieure vers l'éponte inférieure. Le tableau 2, à la fin de ce chapitre, résume les observations microscopiques. Par la suite, nous discuterons des altérations plus en détail en tentant d'établir un patron de zonation.

4.1 VOLCANITES PORPHYRIQUES DE L'ÉPONTE SUPÉRIEURE

Cette unité est composée de plagioclase présent sous forme de phénocristaux hypidiomorphes baignant dans une matrice de petits cristaux allotriomorphes de plagioclase, quartz et biotite (Planche III-A). Des fragments de cristaux de plagioclase sont aussi visibles. La quantité de phénocristaux varie de 0 à 30% et leur taille se situe entre 0,5 et 2 mm. Ils montrent localement une zonation concentrique. Les cristaux de la matrice mesurent de 0,01 à 0,2 mm. La proportion de plagioclase dans la matrice

est difficile à estimer à cause de la présence de grains de quartz de même dimension et de même forme. Localement les cristaux de plagioclase de la matrice sont altérés par la muscovite et peuvent être discernés des grains de quartz qui ne le sont pas.

La biotite, la muscovite et la chlorite sont présentes dans la matrice et sont généralement alignées, définissant une texture lépidoblastique. Ces minéraux sont présents en quantités et en tailles variables. Pour la biotite, on remarque la présence de deux granulométries différentes soit: une fine (0,01 mm à 0,1 mm) distribuée assez uniformément dans la matrice et représentant 2-10% de la minéralogie; la deuxième est plus grossière avec des cristaux de 0,05 mm à 0,2 mm formant des agrégats hétérogènes de 0,5 à 3 mm (Planche III-B). Cette dernière constitue de 1 à 10% de la lame. La biotite fine est mal alignée puisqu'elle se situe entre les grains de quartz et plagioclase de la matrice. Les agrégats de cristaux de biotite grossière sont toujours alignés dans la foliation mais les cristaux à l'intérieur de ceux-ci ne le sont pas autant.

La muscovite est présente en faible proportion (2-3%, localement 40%) dans la matrice et montre une granulométrie de 0,1 à 1,0 mm. Lorsque la muscovite constitue près de 40% de la minéralogie des volcanites porphyriques, ces dernières sont indiscernables des dykes felsiques porphyriques.

La calcite et la muscovite remplacent les phénocristaux de plagioclase. La calcite se présente sous forme d'amas allotriomorphes de 0,1 à 0,5 mm alors que la muscovite forme des petites aiguilles de 0,01 à 0,1 mm alignées dans les plans de clivage des plagioclases. Ces deux minéraux constituent 1-2% de la minéralogie. Les ombres de pression, visibles autour des phénocristaux de plagioclase, définissent des formes sigmoïdes et abritent des grains de quartz-plagioclase, de biotite non-alignée et de chlorite. Cette chlorite semble souvent associée à la pyrite.

La texture porphyrique n'est pas toujours visible, mais il est possible d'observer des fantômes de phénocristaux (Planche IV-A) dans la majorité des lames provenant de l'éponte supérieure. Ces fantômes se présentent comme des agrégats de quartz-plagioclase dont les contours évoquent des cristaux de plagioclase totalement remplacés ou polygonisés.

Le pseudo-litage observé dans cette unité peut être relié, en partie, à du cisaillement. On assiste alors à une destruction des phénocristaux de plagioclase et à une augmentation de la quantité d'amphibole (Planche IV-B). La muscovite est aussi présente au centre de ces zones de cisaillement qui ont une puissance centimétrique à métrique. L'alternance entre des zones cisailées et des zones intactes donne l'impression d'un litage primaire. Il est aussi possible que certains cas de variation texturale soient d'origine sédimentaire.

4.2 ZONE DE BRÈCHE

La zone de brèche est caractérisée par une augmentation de la proportion de biotite et d'amphibole et localement par la présence de fragments porphyriques. Sous le microscope, les caractéristiques de cette unité apparaissent très variables. La biotite, l'amphibole, l'épidote, le quartz et le plagioclase sont les principaux minéraux observés dans la matrice alors que le plagioclase et le quartz sont dominants dans les fragments. La texture de la matrice est généralement lépido-nématoblastique mais dans quelque cas, l'amphibole est orientée de façon aléatoire lorsqu'elle est située dans les ombres de pression causées par les fragments.

4.2.1 MATRICE

La biotite est toujours présente sous deux habitus soit une à granulométrie fine (0,01-0,1 mm), disséminée dans la matrice entre les grains de quartz et de plagioclase

Planche III-A. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la texture porphyrique typique des volcanites intermédiaires de l'éponte supérieure. Les cristaux de plagioclase sont altérés par la muscovite, la calcite et l'épidote. La biotite marque la foliation bien développée. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-04.

Planche III-B. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la biotite fine disséminée dans la matrice et la biotite grossière formant des agrégats et alignée dans la foliation. Cet échantillon provient de la zone aurifère située près de l'éponte supérieure. Au = 5117 ppb; Cu = 1200 ppm. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-86.

PLANCHE III-A

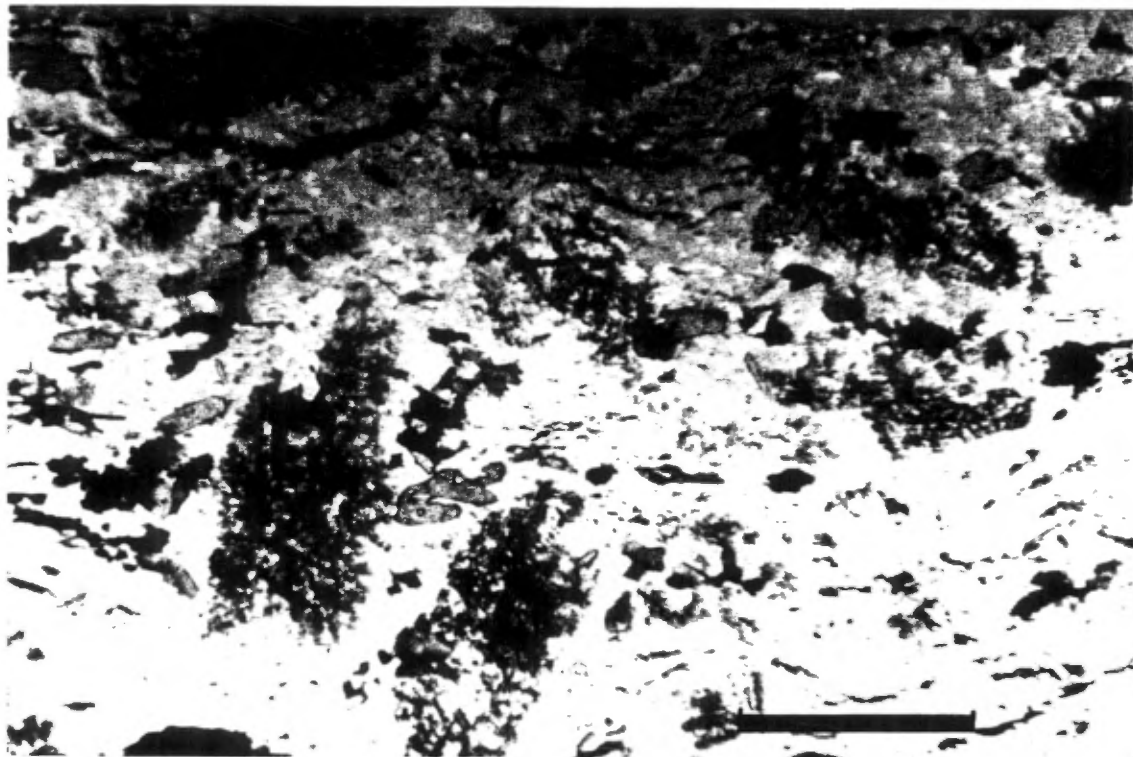
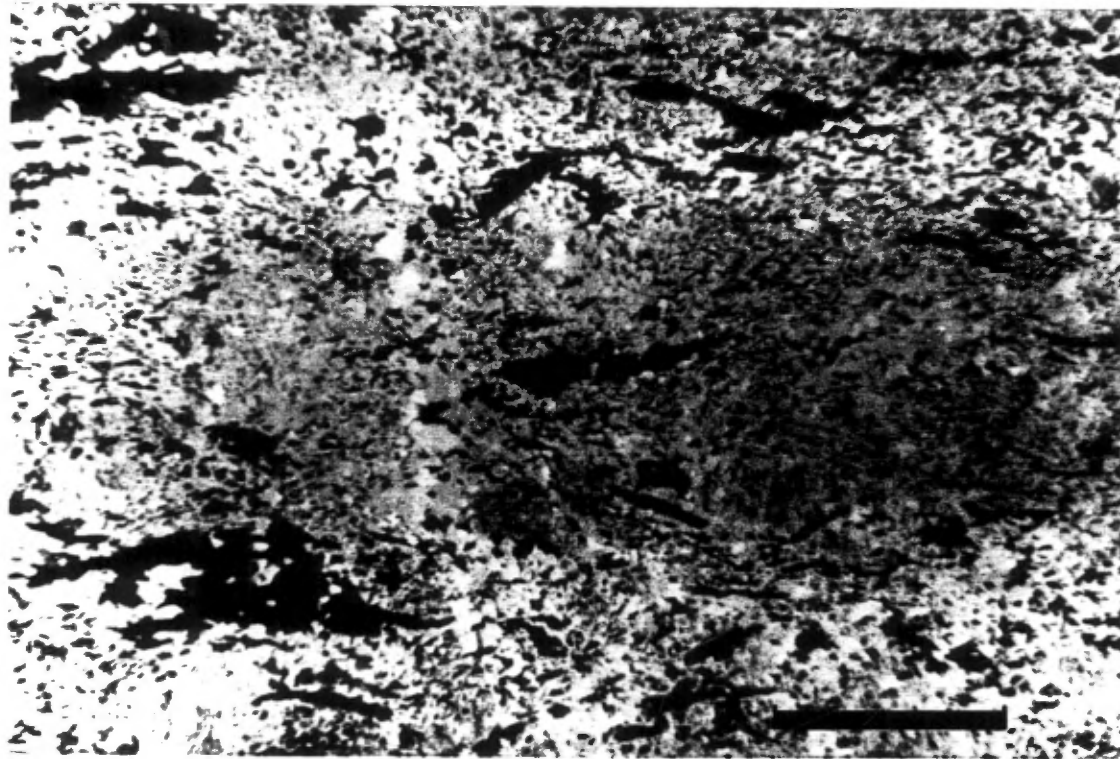


PLANCHE III-B



et une deuxième plus grossière formant des agrégats de 0,5 à 3 mm. Cette dernière est souvent associée à la titanite et à une variété idiomorphe d'épidote. La proportion de biotite est très variable allant de 10 à 30% (2-5% pour la biotite fine et 10-30% pour la biotite grossière).

L'amphibole est brun-vert et montre une texture poëciloblastique avec des inclusions de quartz et de plagioclase arrondies. La proportion d'amphibole varie de traces à 50% et la taille des grains varie de 0,1 à 2,0 mm. L'amphibole, la biotite et l'épidote se retrouvent aussi en bordure de veinules millimétriques de quartz contenant de la chalcopryrite, de la pyrite et de la pyrrhotite (Planche V-A). Ceci suggère que ces minéraux soient d'origine hydrothermale (Carson, 1990), plutôt que métamorphique.

Au moins deux types d'épidote sont présents dans la majorité des échantillons de brèche. La plus fréquente se présente en cristaux idiomorphes à hypidiomorphes très colorés de 0,1 à 0,5 mm constituant 1 à 10% de la lame. Celle-ci est souvent associée avec la biotite (Planche V-B). La seconde montre des plages allotriomorphes plus ternes de 0,05 à 0,1 mm formant jusqu'à 2% de la composition minéralogique.

On observe dans la matrice, des phénocristaux de plagioclase partiellement remplacés en bordure par du quartz et d'autres cristaux de plagioclase. Ces phénocristaux mesurent 0,5 à 2,0 mm et sont de taille identique à ceux retrouvés dans les fragments et dans les volcanites porphyriques de l'éponte supérieure (Planche VI).

La calcite, le feldspath potassique, la chlorite, la titanite, l'apatite, la tourmaline, le zircon sont des minéraux accessoires présents en quantités minimales (traces à 2%).

4.2.2 FRAGMENTS

La présence de fragments est marquée par des domaines montrant une texture porphyrique et peu de minéraux mafiques. Les contacts entre la matrice

Planche IV-A. Photomicrographie en lumière naturelle montrant une texture porphyrique relique (les cristaux étant polygonisés) provenant d'une zone de cisaillement affectant les volcanites porphyriques de l'éponte supérieure. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-15.

Planche IV-B. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la proportion d'amphibole contenue dans une zone de cisaillement affectant les volcanites porphyriques de l'éponte supérieure. La texture porphyrique est totalement détruite. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-15.

PLANCHE IV-A

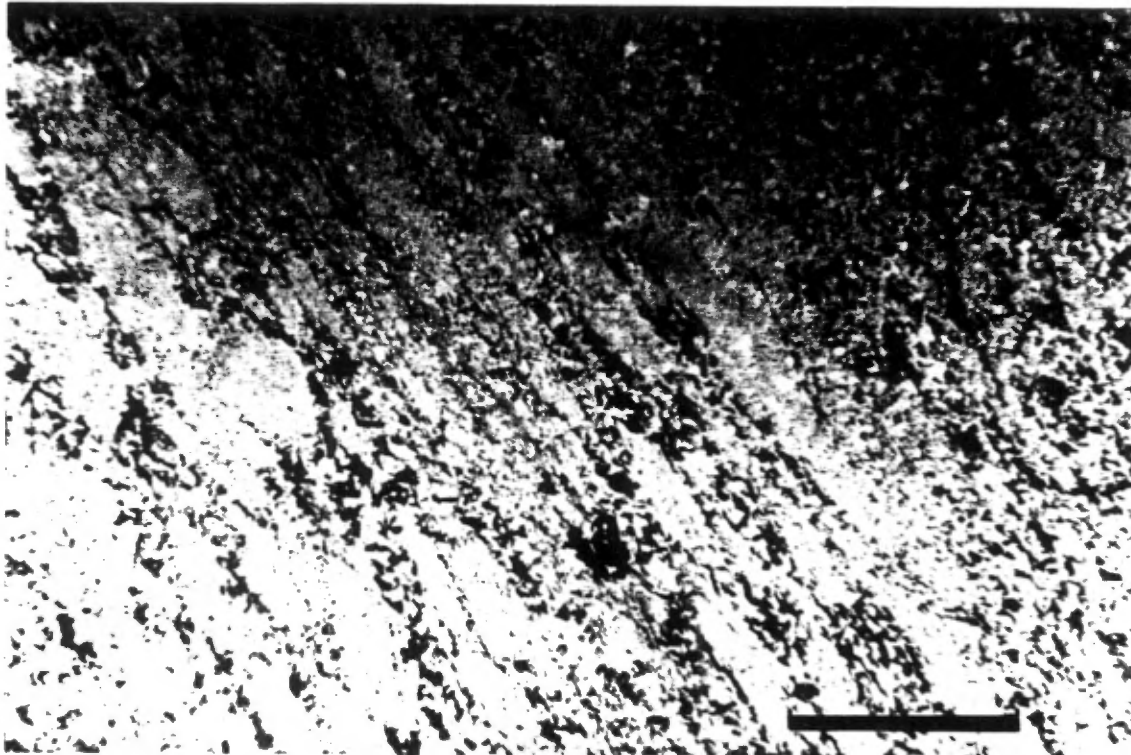
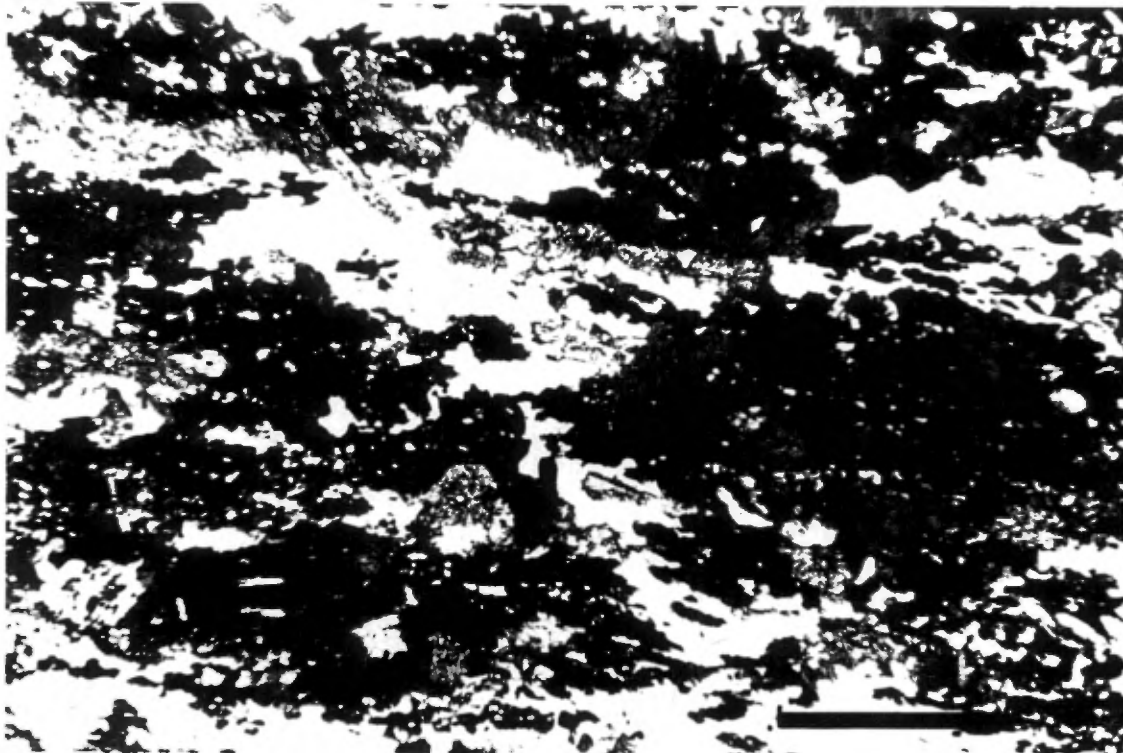


PLANCHE IV-B



décrite précédemment et les fragments sont généralement nets et précis mais dans certains cas, il s'agit d'une transition diffuse.

Une lame mince taillée dans un fragment zoné montre que la bordure de celui-ci est occupée par des phénocristaux de plagioclase relativement frais et faiblement orientés (Planche VII-A et VII-B) alors que des cristaux fortement remplacés, polygonisés et très bien orientés occupent le centre du fragment (Planche VIII-A et VIII-B). La couleur blanchâtre de la bordure des fragments est causée par la présence de plagioclase et de quartz et plus grande quantité. La teinte plus foncée observée dans le centre des fragments zonés est explicable par une faible augmentation de la proportion de biotite fine dans la matrice. Cette biotite est aussi bien alignée.

Les phénocristaux de plagioclases mesurent de 0,5 à 2,0 mm et représentent de 0 à 30% des fragments. Ils baignent dans une matrice de quartz-plagioclase-biotite finement grenue (0,01-0,1 mm). La proportion de biotite varie de 5 à 10%. Le quartz et le plagioclase sont indissociables optiquement.

4.3 ROCHE MÉTASOMATIQUE À BIOTITE ET AMPHIBOLE

Cette unité (Planche IX) montre une texture lépido-nématoblastique sauf à quelques endroits où les cristaux sont orientés de façon aléatoire. Cette situation peut être causée par l'orientation de la coupe de la lame mince par rapport à la foliation. L'amphibole constitue 25 à 35% de la minéralogie alors que la biotite en représente 35-45%. Les deux minéraux mesurent respectivement de 0,5 à 2,0 mm et de 0,1 à 0,5 mm. L'épidote idiomorphe à hypidiomorphe constitue 1 à 5% de l'unité avec des cristaux de 0,1 à 1 mm.

Les similitudes texturales et minéralogiques entre la matrice de la brèche et cette unité suggèrent que cette celle-ci représente de larges intervalles entièrement remplacés par la biotite et l'amphibole de la même façon que dans la brèche.

Planche V-A. Photomicrographie en lumière naturelle. Biotite (brun), amphibole (vert) et épidote (plus rare, jaune pâle) associés à une veinule de quartz et sulfures (pyrite, pyrrhotite et chalcoppyrite) dans la zone de brèche. La présence de ces minéraux dans ce type de veinules suggère une origine hydrothermale. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-88.

Planche V-B. Photomicrographie en lumière polarisée montrant l'épidote (cristaux de couleurs vives, jaune, bleue, orange) associée avec la biotite dans la matrice de la brèche. Dans ce cas, la forte concentration d'épidote forme une bande parallèle à la foliation. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-57.

PLANCHE V-A

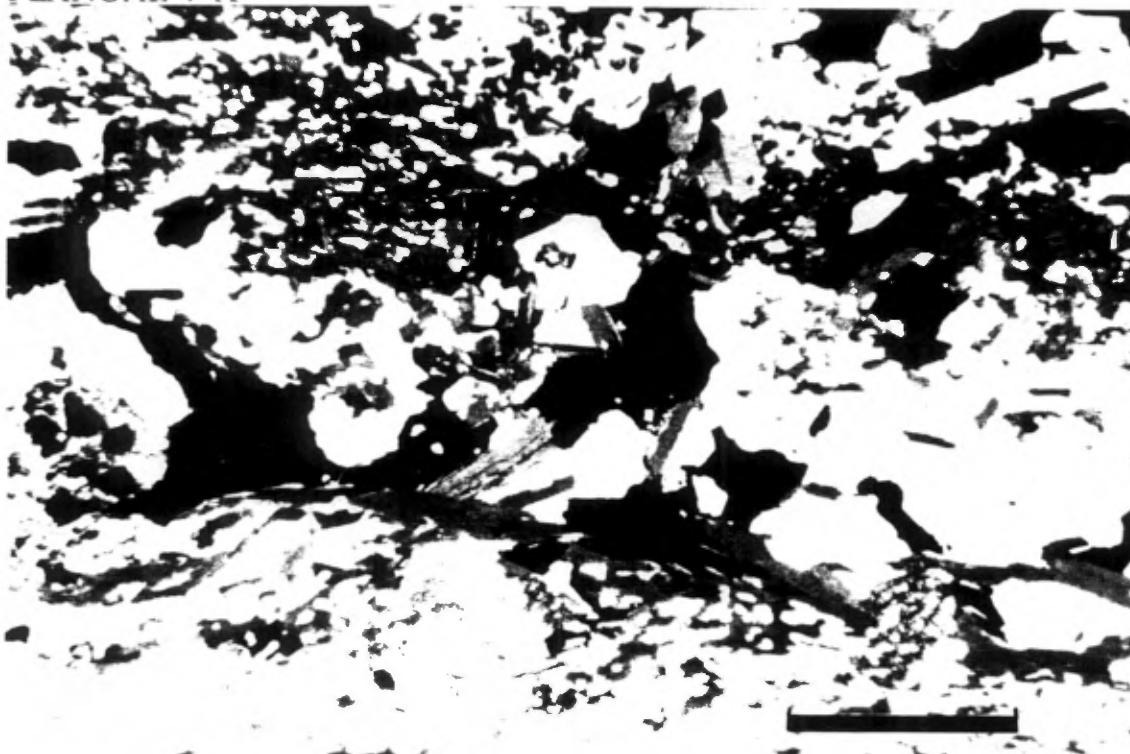


PLANCHE V-B

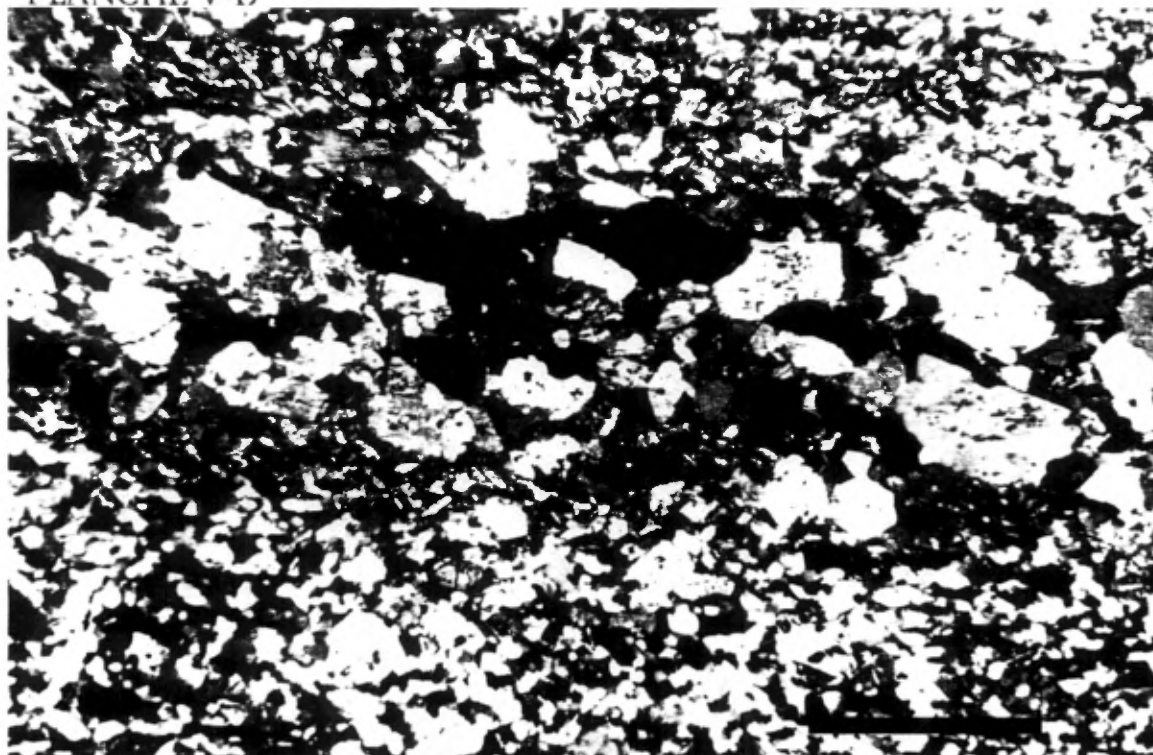


PLANCHE VI

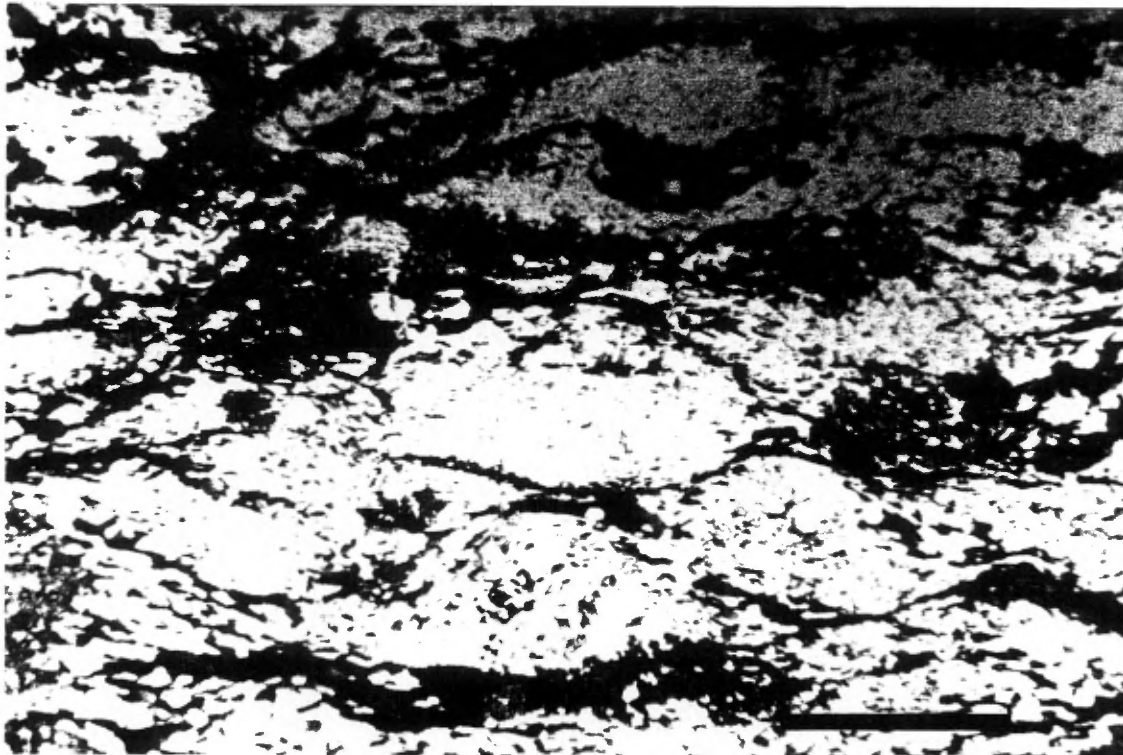


Planche VI. Photomicrographie en lumière naturelle de la matrice de la brèche avec une texture porphyrique relique. Les phénocristaux de plagioclases sont polygonisés. La biotite (en brun) et l'amphibole (brun-vert) sont visibles. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-88.

4.4 VOLCANITES À BIOTITE DE L'ÉPONTE INFÉRIEURE

Sous la zone de brèche, on retrouve une unité où la phase minérale dominante est la biotite. Cette dernière se présente sous forme d'agrégats de grains hypidiomorphes (flocons) mesurant 0,4 à 1,0 mm et en cristaux isolés dans la matrice (0,05-0,3 mm). Les proportions de biotite sont variables avec 10 à 20% pour les grains dans la matrice et 25-35% pour les grains en agrégats. L'amphibole se présente en grains poëciloblastiques de 0,5 à 2,0 mm dans une proportion allant de traces à 20%. La matrice est composée de quartz et de plagioclase dont la granulométrie varie de 0,01 à 2 mm.

Des phénocristaux de plagioclase, de taille allant de 0,5 à 1,0 mm, sont visibles localement (Planche X-A). Leur proportion varie de trace à 10%. Ces phénocristaux semblent fortement remplacés par un assemblage de quartz-plagioclase finement grenu identique à celui de la matrice. La destruction totale de la texture porphyrique primaire et l'altération en biotite autour des anciens cristaux de plagioclase (Planche X-B) produit localement une texture sphérique rencontrée uniquement dans cette unité. La texture générale est lépidoblastique et localement nématoblastique lorsque l'amphibole est présente. Les minéraux accessoires présents sont l'épidote, la calcite, le grenat et l'apatite.

4.5 SCHISTE À BIOTITE-MUSCOVITE

De l'unité à biotite précédente, on passe graduellement à un schiste à biotite et muscovite. La texture lépidoblastique est omniprésente. Sur quelques intervalles métriques, la biotite est presque totalement disparue au profit de la muscovite. Celle-ci est hypidiomorphe, parfois poëciloblastique. Elle mesure 0,05 à 0,2 mm et constitue 5 à 40% de la composition minéralogie de l'unité. De son côté, la biotite est présente

Planche VII-A. Photomicrographie en lumière polarisée de la texture porphyrique provenant de la bordure du fragment visible à la planche II-A. Les cristaux maclés de plagioclase sont bien visibles et ils s'alignent dans la foliation. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-88.

Planche VII-B. Photomicrographie en lumière naturelle de la texture porphyrique provenant de la bordure du fragment visible à la planche II-A. La biotite, en brun, est présente dans la matrice et définit la foliation. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-88.

PLANCHE VII-A

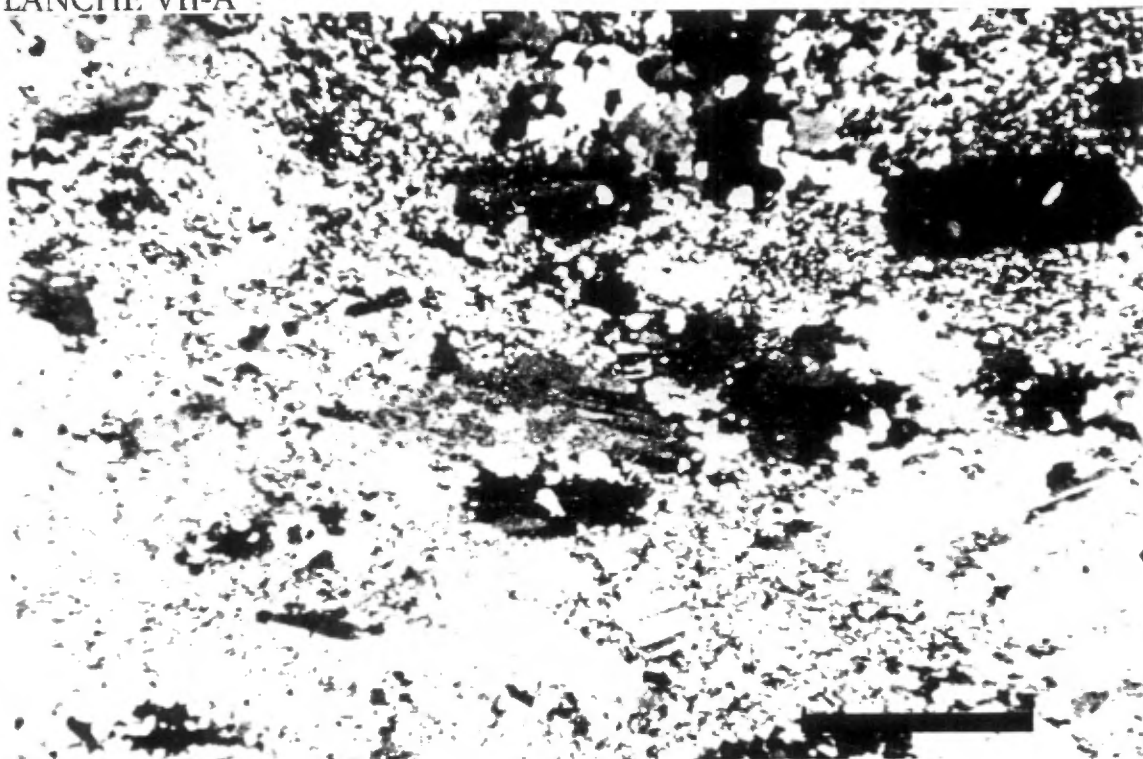


PLANCHE VII-B

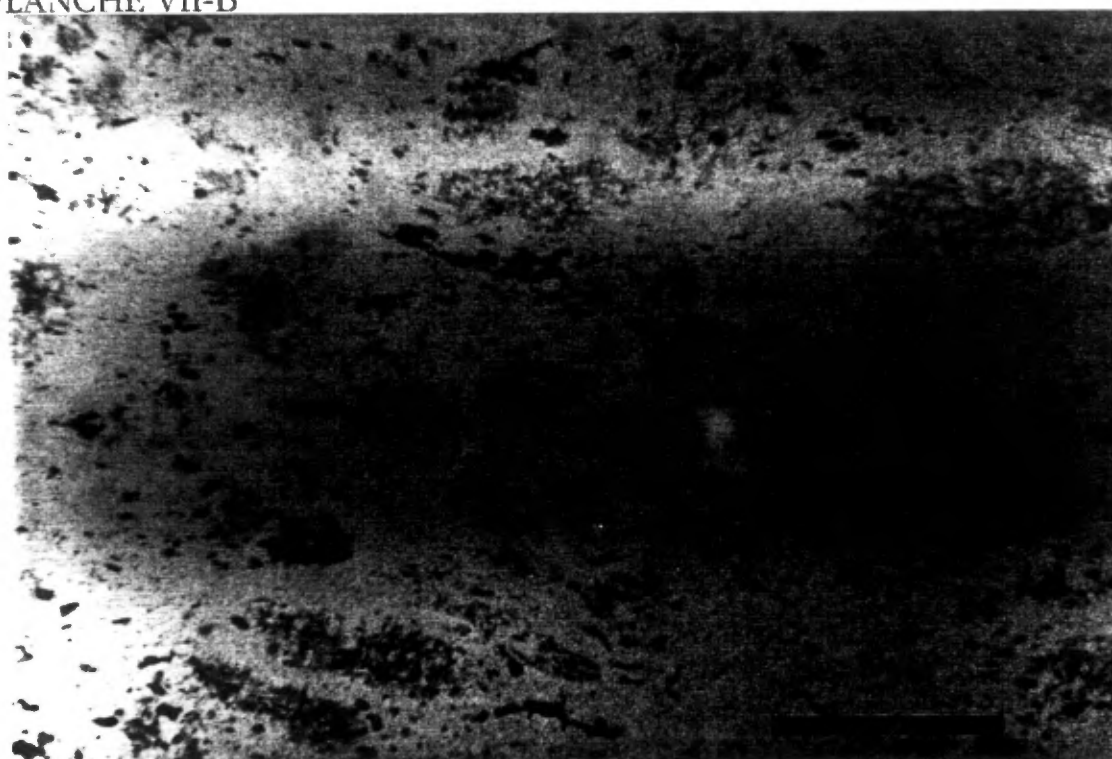


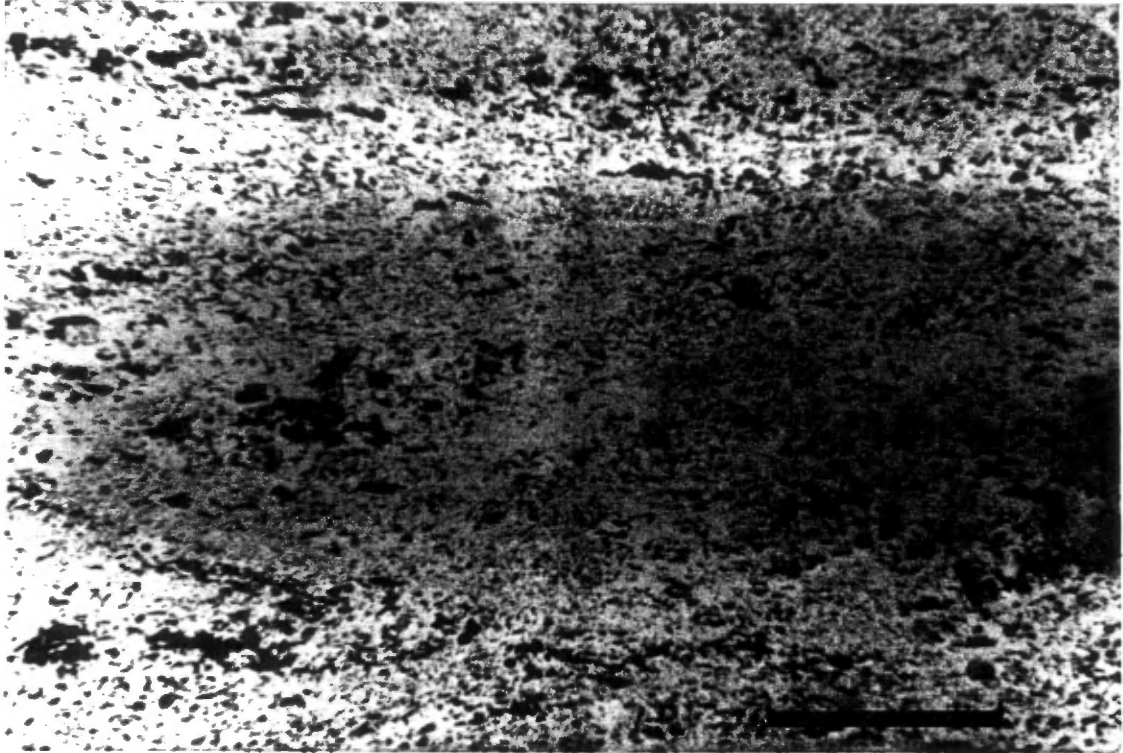
Planche VIII-A Photomicrographie en lumière polarisée de la texture porphyrique provenant du centre du fragment visible à la planche II-A. Les reliques de cristaux de plagioclase polygonisés sont alignées dans la foliation et remplacées par un assemblage de quartz et de plagioclase secondaire. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-88.

Planche VIII-B. Photomicrographie en lumière naturelle de la texture porphyrique provenant du centre du fragment visible à la planche II-A. La biotite est plus fine et présente en plus grandes quantités qu'en bordure des fragments (voir planche VII-B). La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-88.

PLANCHE VIII-A



PLANCHE VIII-B



sous les deux habitus décrits précédemment soit, en petits grains dans la matrice (de 5 à 10% mesurant 0,05 à 0,1 mm) et en agrégats de grains plus grossiers. Dans ce dernier cas, les cristaux mesurent 0,1 à 0,5 mm et forment des agrégats de 0,5 à 2 mm comptant pour 2 à 20% de la composition minéralogique de l'unité.

La majorité des agrégats de biotite montre en leur centre des grains de titanite, allotriomorphes à hypidiomorphes, de 0,01 à 0,1 mm et ceux-ci sont rarement rencontrés en absence de biotite (Planche XI-A). Lorsque le cas se présente, la titanite est généralement entourée de grains de muscovite (Planche XI-B). Ceci suggère un remplacement de la biotite par la muscovite. Par contre, la biotite et la muscovite sont rarement observés dans la même paragenèse ce qui ne supporte pas le remplacement de l'un par l'autre.

Des grains de quartz et de plagioclase allotriomorphes de 0,01 à 0,2 mm composent la matrice de l'unité dans une proportion de 30 à 60%. Des veinules de quartz, boudinées, sont accompagnées de biotite, de muscovite, d'amphibole, de titanite et de tourmaline. Cette dernière est aussi présente dans la matrice bien que restreinte à de minces "horizons" parallèles à la foliation.

4.6 DYKES PORPHYRIQUES

Ces dykes porphyriques représentent l'unité la plus homogène rencontrée dans le gisement. En lame mince, la texture est lépidoblastique avec la muscovite et la biotite. Ces deux minéraux ne sont pas présents dans les mêmes paragenèses et sont séparés en domaines où l'un est présent et l'autre absent (Planches XII-A et XII-B). Le quartz et le plagioclase sont dominants (60 à 80% pour les deux minéraux) et forment une matrice fine (0,05 à 0,2 mm). Quelques phénocristaux de plagioclase de 0,5 à 2,0 mm furent observés en quantité variant de traces à 5%. La muscovite, en cristaux de 0,05 à 0,2 mm, constitue 15 à 20% de la composition minéralogique de l'unité. Les

PLANCHE IX

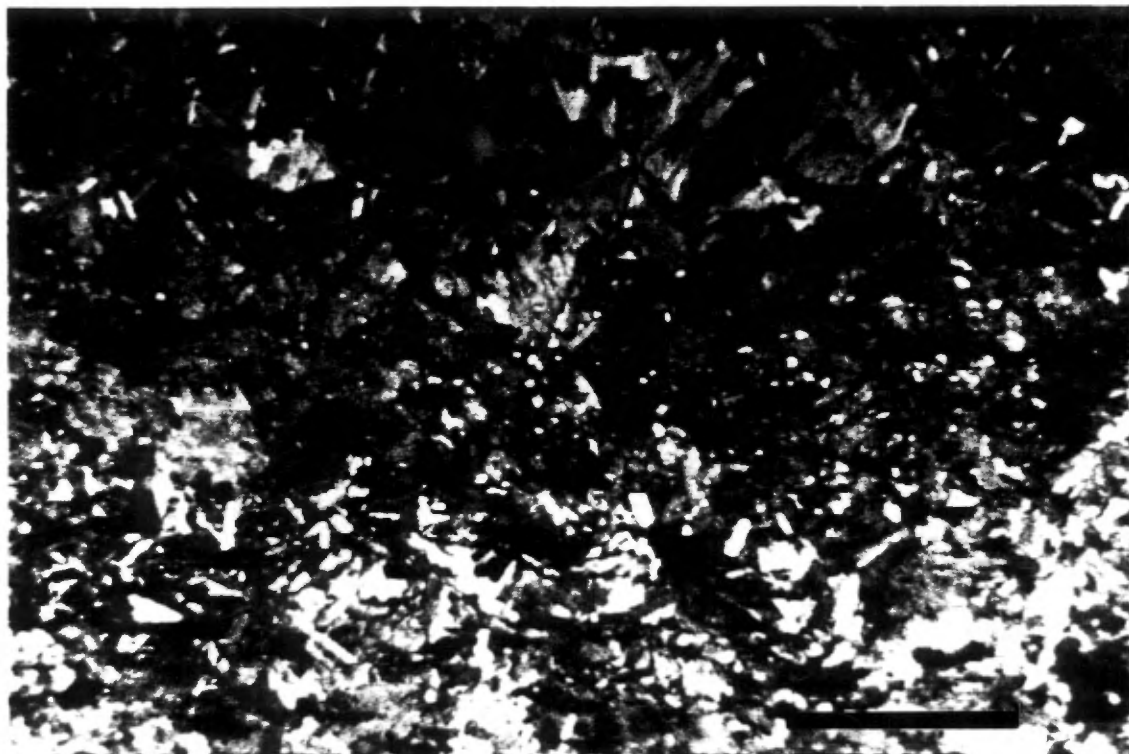


Planche IX. Photomicrographie en lumière naturelle de la roche métasomatique à biotite (en brun) et amphibole (en vert). Ces deux minéraux représentent 99 % de la surface de la photographie. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-39.

Planche X-A. Photomicrographie en lumière polarisée des volcanites intermédiaires à biotite de l'éponte inférieure. On remarque la présence de cristaux reliques de plagioclase. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-67.

Planche X-B. Photomicrographie en lumière naturelle des volcanites intermédiaires à biotite de l'éponte inférieure. Ces formes arrondies sont possiblement produites par l'altération en biotite contrôlée par des microfractures. Échantillon MM-90-67.

PLANCHE X-A

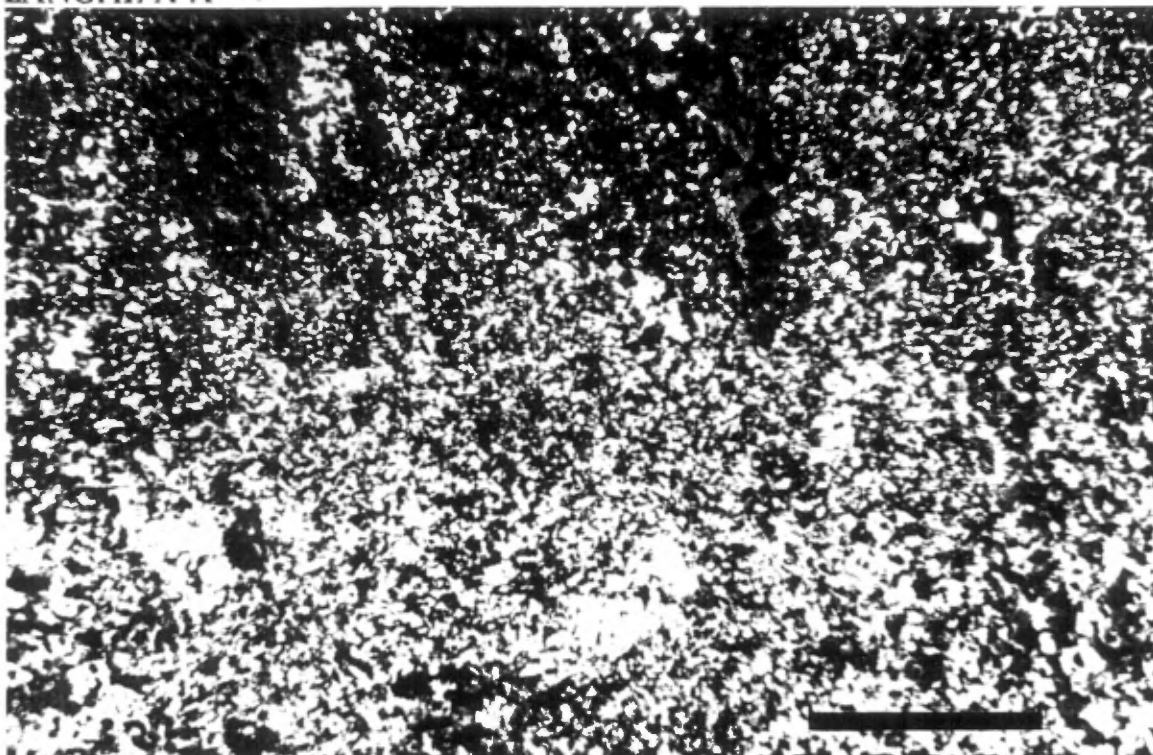


PLANCHE X-B

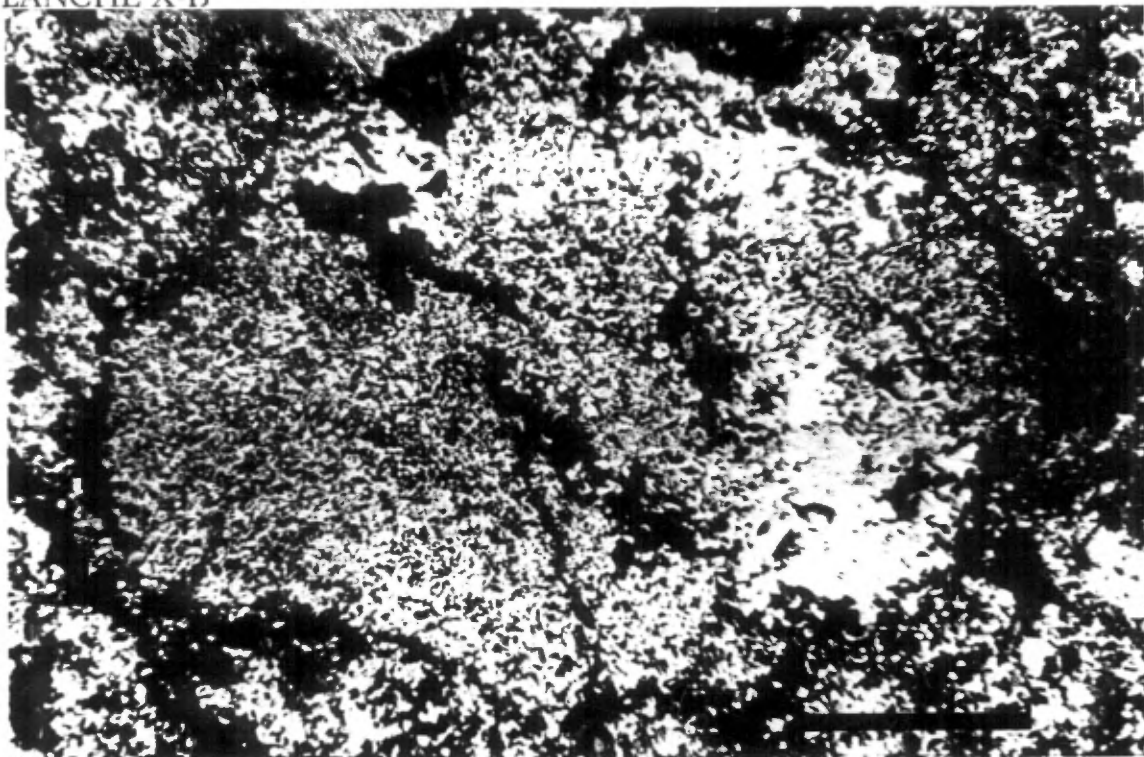


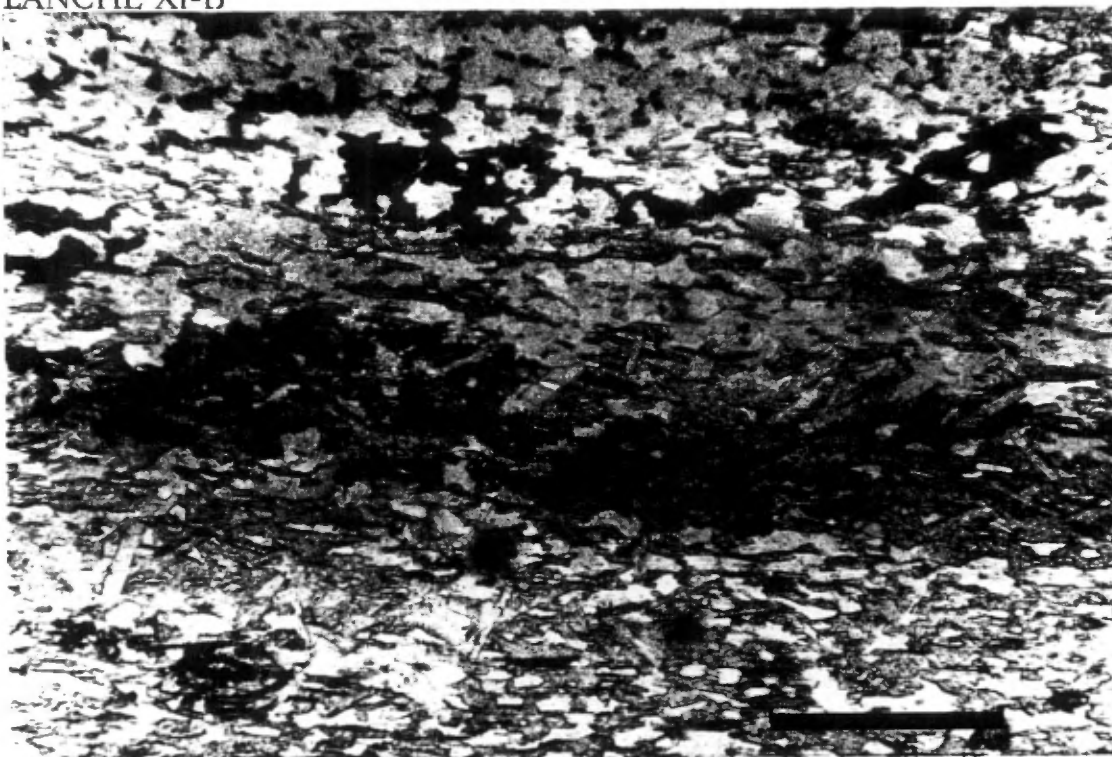
Planche XI-A. Photomicrographie en lumière naturelle d'un agrégat de cristaux de biotite (brun très foncé) avec des grains de titanite brun foncé (relief fort). La planche XI-B montre un assemblage de muscovite et de titanite résultant possiblement de l'altération d'un agrégat de cristaux de biotite. La barre noire mesure 0,25 mm. Échantillon MM-90-42.

Planche XI-B. Photomicrographie en lumière naturelle d'un agrégat de cristaux de muscovite associé avec la titanite. Cette association suggère le remplacement des agrégats de cristaux de biotite (Planche XI-A) par la muscovite dans les dykes felsiques et dans le schiste à biotite-muscovite. La barre noire mesure 0,25 mm. Échantillon MM-90-64.

PLANCHE XI-A



PLANCHE XI-B



fines paillettes de muscovite sont alignées dans la foliation et encastrées entre les grains de quartz et plagioclase de la matrice. On l'observe aussi en remplacement des phénocristaux de plagioclase.

La biotite, aussi présente en fines paillettes dans la matrice, forme des agrégats de cristaux identiques à ceux retrouvés dans les autres unités. Ces agrégats de cristaux de biotite constituent 1 à 5% de l'unité et sont accompagnés de titanite, de calcite, de chlorite et de feldspath potassique. Ces minéraux ne sont présents qu'en traces dans cette unité et généralement associés aux agrégats de biotite. De la même manière que dans le schiste à biotite-muscovite, les agrégats de biotite semblent remplacés par la muscovite mais ces deux minéraux n'apparaissent pas dans la même paragenèse.

Le grenat et l'amphibole sont observés sporadiquement dans cette unité en quantités mineures. Des veinules de quartz contenant de la muscovite, des sulfures et plus rarement de la biotite sont présentes dans les dykes.

4.7 MINÉRAGRAPHE

La quantité et la diversité des minéraux métalliques présents dans la Zone 87 sont faibles. La chalcoppyrite, la pyrrhotite, la pyrite, la sphalérite, la magnétite et la galène composent la presque totalité des 2 à 5% de minéralisation rencontrée. Il existe cependant des minéraux plus rares qui furent observés dans des échantillons de minerai concentré (Fraser, 1991). Parmi ceux-ci, on a signalé la présence d'or natif, d'électrum, de bornite, d'argent natif, d'hessite, de calaverite, de volynskite, de cubanite, de molybdénite, de tellurobismuthite, de tellure natif, de tetraédrite-tennantite et de bismuth natif. À l'exception de l'or natif, ces minéraux ne furent pas observés.

Sous le microscope, la minéralisation se présente sous forme disséminée

Planche XII-A. Photomicrographie en lumière naturelle montrant la texture typique des intrusions felsiques. Notons les domaines à muscovite et les domaines à biotite. Un agrégat de cristaux de biotite est visible dans la partie supérieure gauche de la photographie. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-13.

Planche XII-B. Photomicrographie en lumière polarisée montrant la texture typique des intrusions felsiques. En bas au centre, on peut apercevoir des grains de titanite (foncés) témoignant du remplacement de la biotite par la muscovite. La barre noire mesure 1 mm. Échantillon MM-90-13.

PLANCHE XII-A

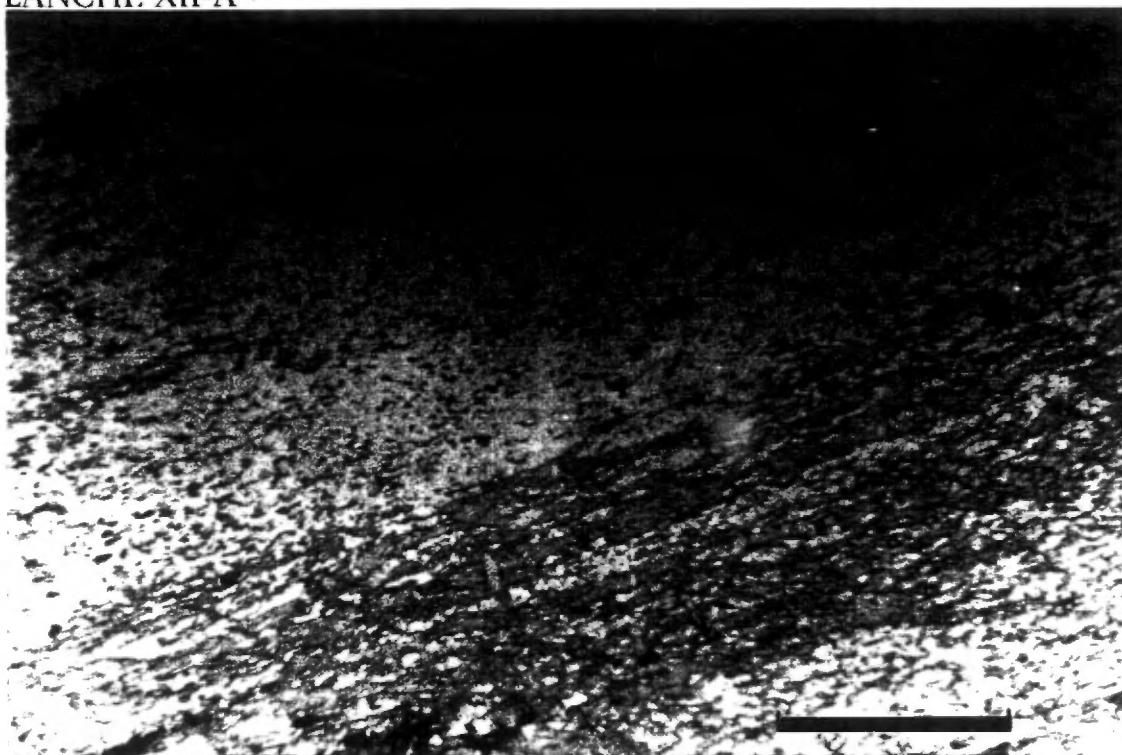
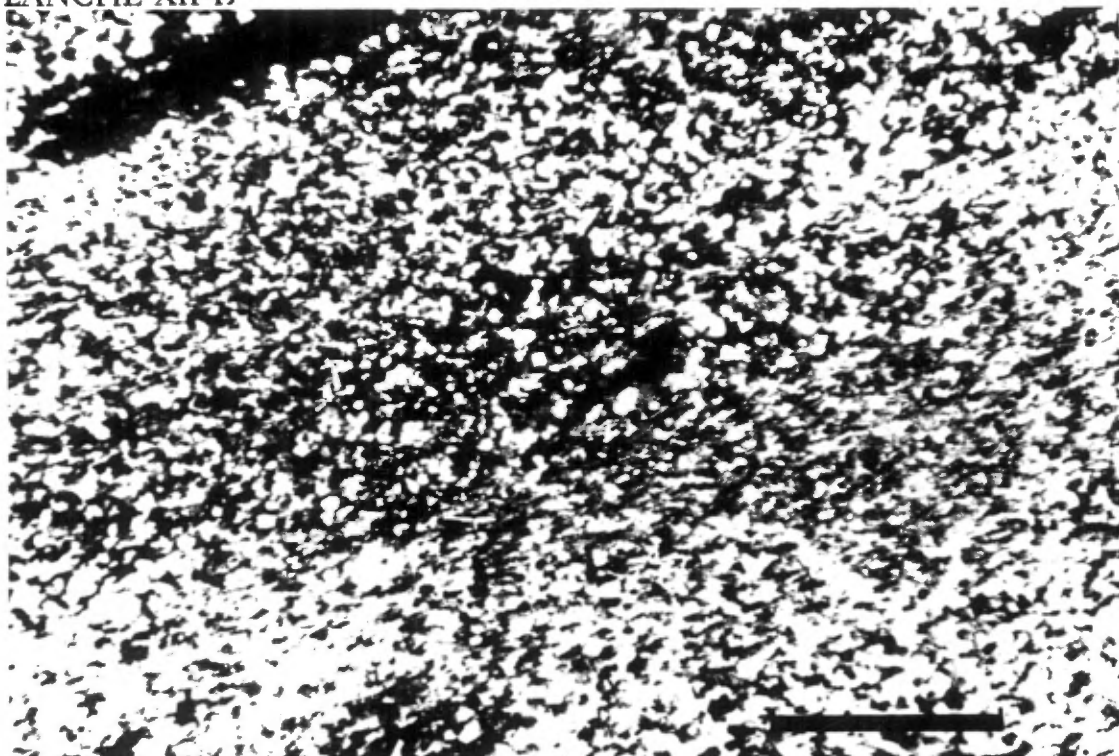


PLANCHE XII-B



(Planche XIII-A) et en veinules avec ou sans quartz (Planche XIII-B). Dans l'éponte supérieure, la quantité de sulfures est faible (traces à 1%) et la pyrite domine sur les autres minéraux métalliques. La chalcopryrite et la pyrrhotite sont les autres sulfures présents. Tous sont rencontrés sous forme de plages irrégulières, disséminées et orientées dans la foliation avec une granulométrie fine (0,05 à 0,2 mm), localement plus grossière pour la pyrite. Il est fréquent d'observer l'association entre la pyrite et la chlorite rétrograde. Quelques intervalles contenant plus de minéralisation sont rencontrés dans l'éponte supérieure. Ceux-ci sont généralement associés avec une augmentation de l'altération en biotite et en amphibole.

La quantité de minéralisation augmente graduellement en approchant la zone de brèche et de fait, la chalcopryrite devient le sulfure dominant. Dans la zone de brèche, la minéralisation sous forme de veinules avec du quartz augmente en importance. Ces veinules de quartz-chalcopryrite-pyrite-pyrrhotite, contenant aussi de l'amphibole et de la biotite, recoupent parfois les fragments de la brèche et sont elles même plissées et boudinées. Tous les sulfures sont présents sous forme de minéralisation disséminée et la magnétite est observable principalement sous cet habitus et plus rarement en veinule.

D'autres veinules et veines contenant cette fois-ci de la sphalérite et de la galène, en plus de la chalcopryrite, pyrite et pyrrhotite, sont visibles (Planche XIII-B). La proportion de chacun de ces sulfures est variable. La pyrite est généralement fracturée et ses fractures sont remplies par la chalcopryrite et la pyrrhotite. Les épontes de ces veines montrent une des paragenèses suivantes, soit: biotite-amphibole; biotite-chlorite; ou parfois muscovite-biotite. La sphalérite est souvent accompagnée par la chlorite qui remplace la biotite.

L'or natif est visible et associé avec les minéraux de la gangue, avec la pyrite, la

pyrrhotite et plus rarement avec la chalcoppyrite. La taille des grains est généralement plus petite que 15 μm et quelques grains ont un diamètre de plus de 100 μm .

Dans les dykes felsiques porphyriques, la pyrite est toujours le sulfure dominant suivi de la chalcoppyrite et de la pyrrhotite.

Planche XIII-A. Photomicrographie en lumière réfléchie de la minéralisation disséminée en pyrite, pyrrhotite, chalcopryrite et magnétite. La minéralisation est bien alignée dans la foliation. La barre noire mesure 0,25 mm. Échantillon FR.12 41.0.

Planche XIII-B. Photomicrographie en lumière réfléchie de la minéralisation en veinules avec pyrite (blanc jaunâtre), la pyrrhotite (gris pâle), la chalcopryrite (jaune) et la sphalérite (gris foncé). La barre noire mesure 0,25 mm. Échantillon FR.73 91.8.

PLANCHE XIII-A

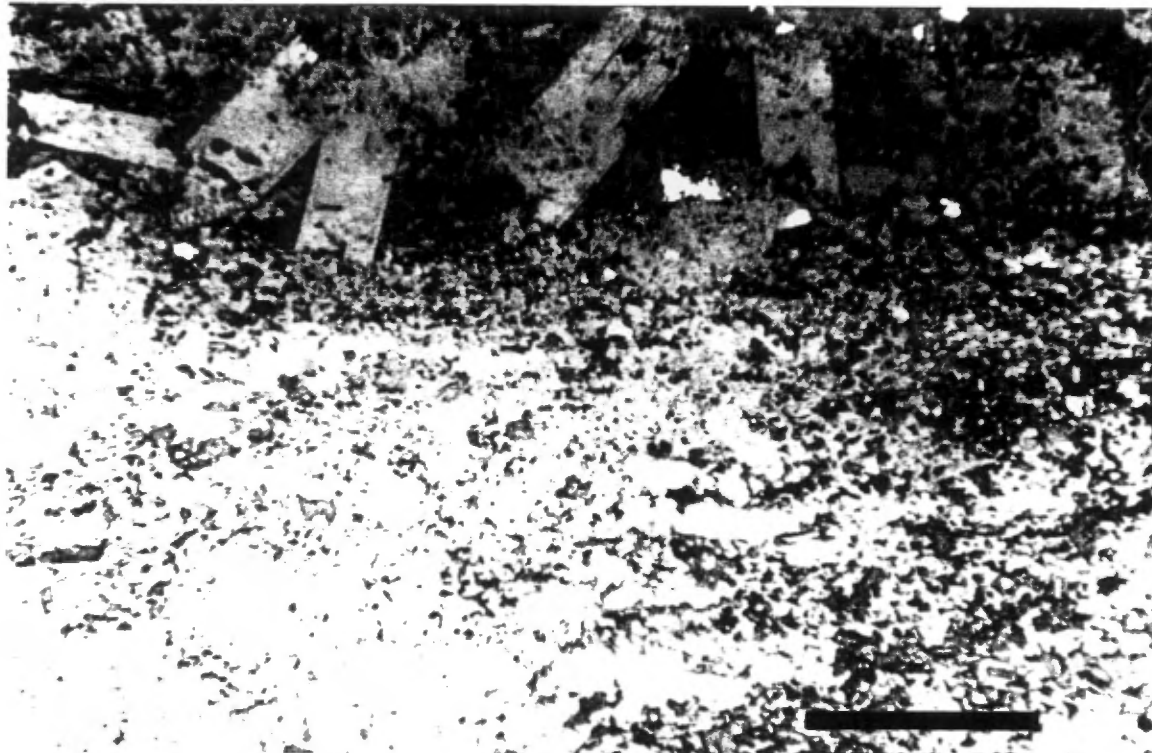


PLANCHE XIII-B

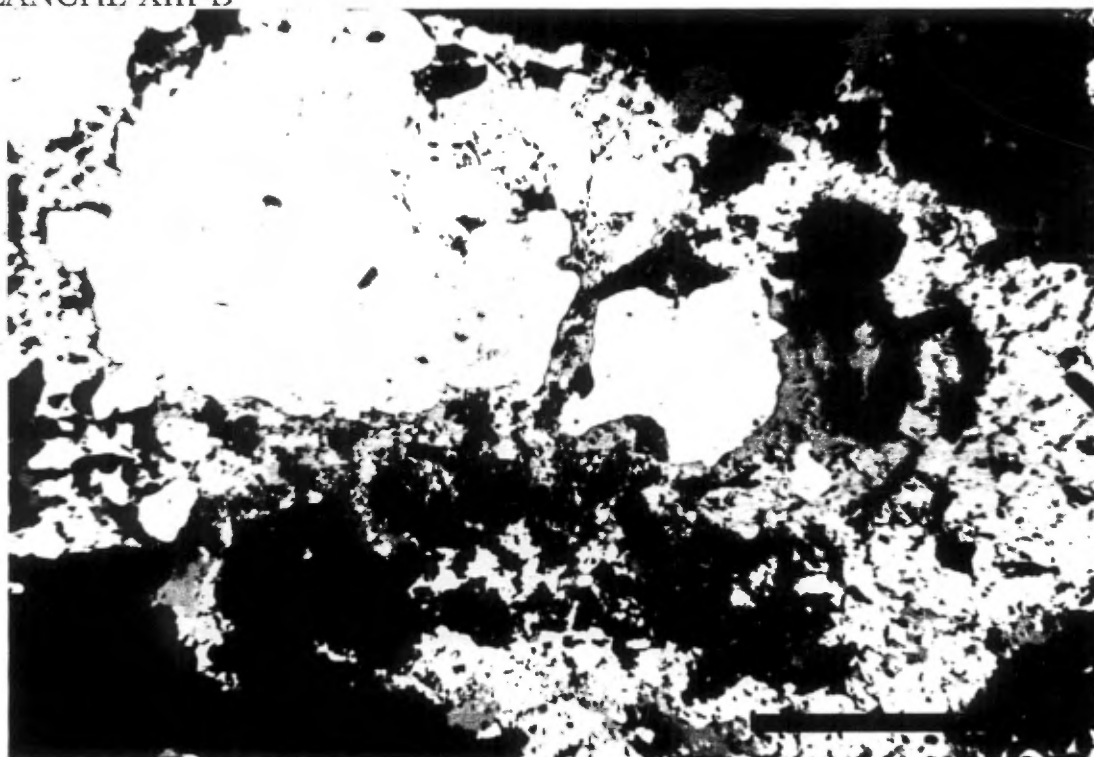


Tableau 2. Synthèse des observations microscopiques.

	V2xFP (CC-CL-BO-MV)	V2xFP br AM-BO-EP Matrice	V2xFP br AM-BO-EP Fragments	V2xFP AM ⁺ BO ⁺ EP	V2xFP BO(AM)	V2xFP ⁺ MV-BO	I1xFP MV(BO)
Quartz	A, matrice 0,01-0,2mm 5-40%	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,05-0,2mm ?	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,05-0,2mm ?
Plagioclase	A, matrice 0,01-0,2mm 5-30%	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,05-0,2mm ?	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,01-0,2mm ?	A, matrice 0,05-0,2mm ?
Loc. zonés Reliques	I-H, Phénocx 0,5-2,0mm 0-30%	I-H, Phénocx 0,5-2,0mm 0-5%	I-H, Phénocx 0,5-2,0mm 0-30%	Reliques Polygonisés	I-H, Phénocx 0,5-2,0mm tr-10%	Rares Polygonisés	I-H, Phénocx 0,5-2,0mm traces-5%
Feldspath K	A, matrice 0,01-0,2mm traces	A, 0,1- traces	???	A, matrice 0,01- traces-3%	Rare	???	A, matrice traces-1%
Veinules Qz							
Biotite	A-H, matrice 0,01-0,1mm 2-10%	A-H, matrice 0,01-0,1mm 2-5%	A-H, matrice 0,01-0,1mm 5-10%	A-H, porphyrobx 0,1-0,1mm 35-45%	A-H, matrice 0,05-0,3 10-20%	A-H, matrice 0,05-0,1mm 5-10%	A-H, matrice 0,01-0,5mm traces-5%
Flocons Veinules Qz	H-I, aggrégats 0,5-3,0mm 1,0-10%	H-I, aggrégats 0,5-2,0mm 10-30%	—	—	H,I, aggrégats 0,4-1,0mm 10-30%	H,I, aggrégats 0,1-0,5mm 2-20%	H-I, aggrégats 1,0-2,0mm 1,0-5,0%
Amphibole	A-H, porphyrobx 0,1-1,5mm	A-H, poecilobl 0,1-2,0mm	Rare	A-H, poecilobl 0,5-2,0mm	H, traces-20%	Rare	A,H, matrice 0,05-0,1mm
Zones cisail. Veinules Qz	traces-60% loc.	traces- 50%		25-35%			rare
Muscovite	A, veinules 0,01-0,1mm	???	A, après plagio 0,01	A, après plagio 0,01			
Après plagio. Halo veinules EP	0,5-3,0%		traces	traces			
Zones cisail.	H, matrice 0,1-1,0mm traces-40% loc.					H, poecilobl 0,05-0,2mm 5-40%	H, matrice 0,05-0,2mm 15-20%

Tableau 2. Suite.

	V2xFP (CC-CL-BO-MV)	V2xFP br AM-BO-EP Matrice	V2xFP br AM-BO-EP Fragments	V2xFP AM ⁺ BO ⁺ EP	V2xFP BO(AM)	V2xFP≠ MV-BO	I1xFP MV(BO)
Chlorite Après biotite et amphibole Veines Qz	A,H, porphyrobx 0,05-0,2mm traces-5%	A,H, porphyrobx 0,1-0,7mm traces-20% loc.	—				A, après grenat 0,05-0,1mm traces
Épidote	H, matrice 0,1-0,5mm 1-10%	I-A, poecilobl 0,1-0,5mm 1%-10%	—	H, porphyrobx 0,1-1,0mm 1-5%	I, porphyrobx 0,2-0,3mm traces-3%		???? 0,05mm traces-2%
Pistachite	A, veinules 0,1-1,0mm traces-1%	A, avec biotite 0,05-0,1mm traces-2%			A, avec biotite 0,05-0,1mm traces-2%	A, veinules 0,1-1,0mm traces-1%	
Zoicite							
Calcite	A, après plagio. 0,1-0,5mm 1-2%	A, avec biotite ???? 1-2%	traces		A, 1%		A 0,05mm traces
Grenat	I, porphyrobx 0,1-0,5mm Rare		----		I, porphyrobx 0,5-2,5mm traces-1%		H, aggrégats 0,1-2,0mm traces
Apatite	H-I, Aggrégats 0,1-0,5mm Traces	????	----		H, aggrégats 0,1mm 1-2%		
Titanite Avec biotite en flocon	A,I, aggrégats traces-1%	A,I, traces-1%	----				A, 0,05-0,1mm traces-1%
Zircon Avec biotite	I, halo 0,01mm traces	????	traces	I, halo BO 0,01-0,05mm traces	traces		
Tourmaline Avec muscovite	I, porphyrobx 0,1-0,5mm traces	????	----		traces	I, 0,1mm traces-1%	I, porphyrobx 0,1-0,5mm traces-1%

V2xFp= Volcanite intermédiaire à phénocristaux de feldspath, I1xFp= Intrusion felsique à phénocristaux de feldspath.

PG=Plagioclase, CC=Calcite, CL=Chlorite, BO=Biotite, AM= Amphibole, EP=épidote, MV= Muscovite, Br= brèche.

A= allotriomorphe, H=hypidiomorphe, I=idiomorphe.

Phénocx=phénocristaux, porphyrobx=porphyroblastes, poecilobl=poeciloblastes

CHAPITRE 5

GÉOCHIMIE

Pour documenter les caractéristiques géochimiques des unités décrites dans le chapitre précédent, nous utiliserons des analyses chimiques provenant des campagnes de forage effectuées avant 1990. Nous tenterons d'éclaircir les relations possibles entre ces unités. Dans un premier temps, la compilation des analyses chimiques disponibles, en parallèle avec une vérification de leur provenance dans les journaux de sondage et dans la carothèque, fut entreprise pour sélectionner des analyses représentatives de chacune des unités. Certains échantillons retenus provenant des zones minéralisées peuvent contenir des veinules de quartz et des sulfures.

Le tableau 3 montre la composition chimique moyenne géométrique (calculée à partir du logarithme naturel) des principales unités de la Zone 87. Pour chacune de ces unités, la colonne de gauche indique le nombre d'analyses utilisées pour obtenir la moyenne alors que la colonne de droite indique la moyenne géométrique obtenue. Malheureusement, les volatils comme le soufre et le dioxyde de carbone ne sont pas disponibles. La première unité du tableau représente les volcanites intermédiaires à phénocristaux de plagioclase de l'éponte supérieure qui sont les roches les plus "fraîches" rencontrées dans la Zone 87. Nous comparerons donc à cette dernière, les trois autres unités volcaniques représentées sur le tableau 3 qui semblent directement dérivées des volcanites intermédiaires porphyriques par métasomatisme. Nous

Tableau 3. Composition chimique moyenne des unités de la Zone 87.

	Éponte supérieure V2xFP (CC-CL-BO-MV)		Brèche V2xFP br AM-BO-EP		Roche métaso. V2xFP AM*BO*EP		Éponte inférieure V2xFP BO(AM)		Schiste V2xFP MV-BO		Dykes I1xFP MV(BO)	
	n	x	n	x	n	x	n	x	n	x	n	x
SiO ₂	147	67,30	185	64,74	10	52,32	279	60,30	59	66,16	134	75,72
TiO ₂	147	0,60	185	0,60	10	0,49	279	0,64	59	0,60	134	0,13
Al ₂ O ₃	147	15,97	185	15,99	10	11,94	279	16,31	59	17,04	134	14,37
Fe ₂ O ₃ *	147	3,84	185	6,98	10	22,07	279	10,40	59	5,70	134	2,06
MnO	147	0,04	185	0,06	10	0,14	279	0,08	59	0,10	134	0,04
MgO	147	1,97	185	1,96	10	3,86	279	2,87	59	1,45	134	0,64
CaO	147	3,67	185	2,70	10	4,14	279	2,37	59	2,55	134	1,01
Na ₂ O	147	4,73	185	4,19	10	1,00	279	2,94	59	2,23	134	2,71
K ₂ O	147	0,89	185	1,98	10	2,90	279	3,10	59	2,95	134	2,19
P ₂ O ₅	147	0,14	185	0,10	10	0,02	270	0,14	59	0,13	134	0,07
PAF	147	0,82	185	0,72	10	1,10	279	0,84	59	1,09	134	1,06
Ba	91	275,68	158	367,45	10	560,85	247	529,58	37	429,58	96	586,60
Cr	91	271,94	158	297,54	10	393,19	247	277,65	37	240,96	96	136,81
Nb	75	5,89	39	15,81	1	221,00	29	9,65	2	1	28	6,95
Sr	91	269,10	158	176,06	10	116,41	247	211,70	37	165,49	96	90,04
Y	75	1,15	39	1,46	1	12,00	29	2,05	2	1	28	6,16
Zr	75	123,20	39	127,80	1	61,00	29	127,81	2	121,90	28	184,78
Cu	147	85,06	185	665,18	10	1852,63	279	423,00	57	121,72	134	182,74
Au	90	120,20	176	569,92	10	1187,67	247	208,42	57	48,69	103	304,80
Ag	147	0,23	184	0,65	10	2,83	279	0,55	59	0,51	134	0,46
Zn	147	61,34	184	124,14	10	320,70	279	135,58	59	133,90	134	86,90

* Fer total. Éléments majeurs en pourcentage poids, éléments trace en ppm sauf Au en ppb.

V2xFP= Volcanite intermédiaire à phénocristaux de feldspath, br=brèche, I1xFP= Intrusion felsique à phénocristaux de feldspath.

CC=Calcite, CL=Chlorite, BO=Biotite, AM= Amphibole, EP=épidote, MV= Muscovite

pourrons tester cette hypothèse par la même occasion. Notons que le schiste à biotite-muscovite provient de l'éponte inférieure déjà altérée en biotite.

Avant de présenter cette comparaison, quelques caractéristiques primaires des roches hôtes seront mises en évidence.

5.1 CARACTÉRISTIQUES PRIMAIRES

Selon la nomenclature de Gélinas et al. (1977), les volcanites porphyriques de l'éponte supérieure entrent dans le groupe des rhyodacites (Tableau 4.). Cette appellation correspond bien avec celle de LeMaître (1976) pour une majorité d'éléments majeurs (Tableau 5). Les teneurs en SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO et MgO sont dans un même ordre de grandeur alors que Na_2O et CaO sont plus élevés et le K_2O est plus faible. La teneur en K_2O des volcanites porphyriques s'apparente mieux à la série tholéiitique que calco-alkaline. Il est possible que ces différences soient causées par un mécanisme d'altération relié à la Zone 87. Les intrusions porphyriques felsiques sont comparées aux statistiques compilées par LeMaître (1976) pour les rhyolites. Des différences majeures sont observées pour le Na_2O et le K_2O qui sont plus bas pour les rhyolites de la Zone 87.

Dans le diagramme de Jensen (1976), les volcanites porphyriques de même que les dykes felsiques porphyriques se retrouvent dans le champ calco-alkalin (Figure 8). Les roches volcaniques sont situées majoritairement dans le champ des dacites et les roches intrusives dans le champ des rhyolites. La dernière unité du tableau montre la composition des dykes felsiques à phénocristaux de plagioclase. Le contenu en SiO_2 et TiO_2 de cette lithologie la distingue considérablement des autres. Ces caractéristiques sont utilisées pour discerner cette unité des roches volcaniques lorsque les critères macroscopiques s'avèrent inefficaces.

Tableau 4. Nomenclature des roches selon la teneur en SiO_2 après normalisation à 100 % sans les éléments volatils, selon Gélinas et al., 1977.

Nomenclature	SiO_2 (%)
Basalte	< 54
Andésite	≥ 54 et < 62
Dacite	≥ 62 et < 67
Rhyodacite	≥ 67 et < 71
Rhyolite	≥ 71

Tableau 5. Comparaison entre la composition chimique des volcanites porphyriques de l'éponte supérieure et des intrusions porphyriques felsiques avec la composition chimique des rhyodacites et des rhyolites de LeMaître, (1976). Valeurs normalisées à 100% sans les éléments volatils (H_2O , CO_2).

	Rhyodacite Éponte sup. Zone 87	Rhyodacite LeMaître, 1976	Rhyolite Dykes Zone 87	Rhyolite LeMaître, 1976
SiO_2	67,30	67,52	76,56	74,00
TiO_2	0,60	0,60	0,13	0,27
Al_2O_3	15,97	15,53	14,53	13,53
Fe_2O_3	2,10*	2,46	1,65*	1,47
FeO	1,57*	1,80	0,39*	1,16
MnO	0,04	—	0,04	—
MgO	1,97	1,68	0,65	0,41
CaO	3,67	3,35	1,02	1,16
Na_2O	4,73	3,90	2,74	3,62
K_2O	0,89	3,16	2,21	4,38
P_2O_5	0,14	—	0,07	—

* recalculé à partir du Fe_2O_3 total selon l'algorithme de Jensen, 1976.

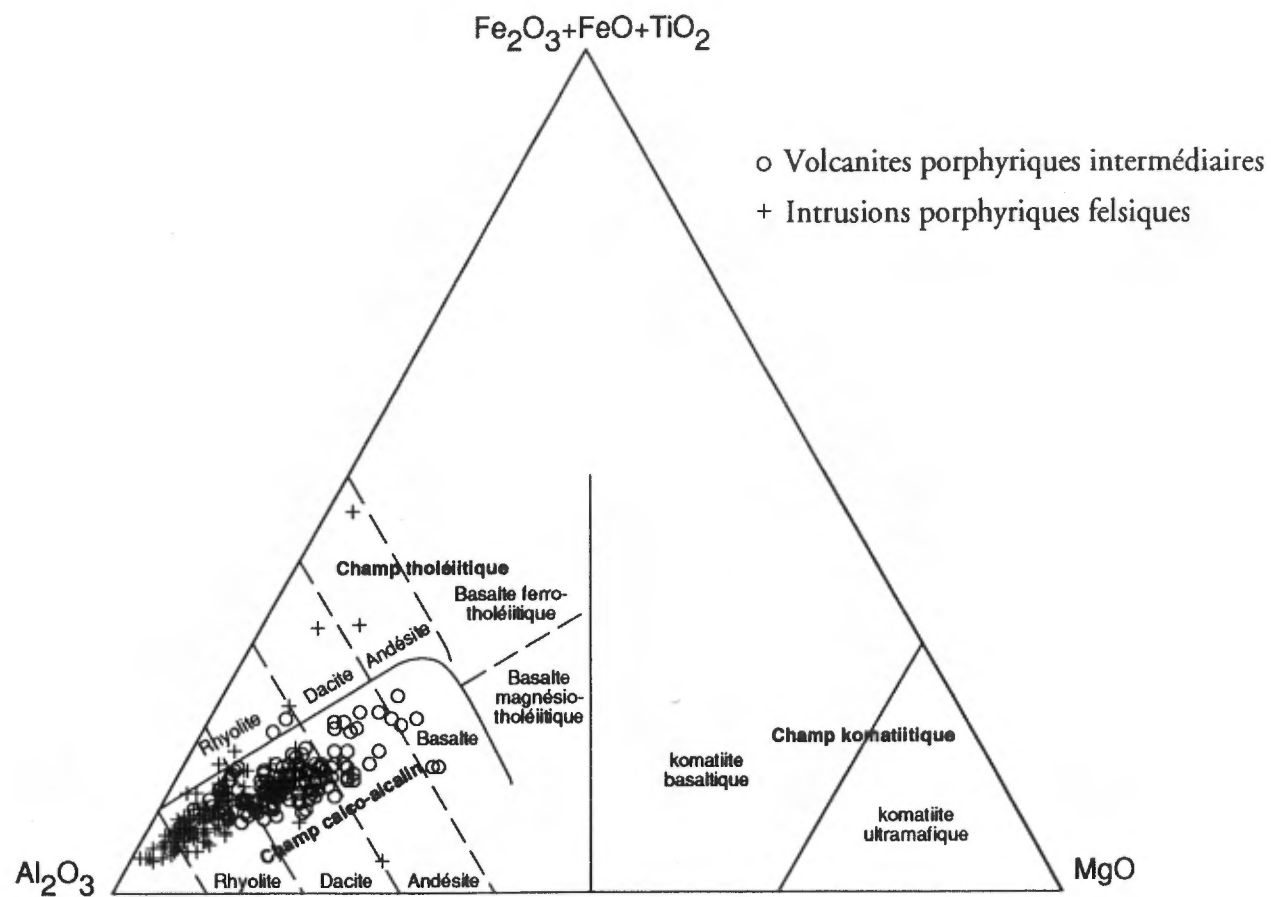


Figure 8. Diagramme Jensen (1976) des volcanites porphyriques et des dykes felsiques porphyriques.

5.2 COMPARAISONS À L'AIDE DU DIAGRAMME ISOCON DE GRANT (1986)

Le graphique de type "isocon" de Grant (1986) est utilisé pour comparer les unités altérées par rapport à une roche hôte potentielle. On obtient ce graphique en opposant la composition de la roche altérée par rapport à celle de la roche "fraîche". On trace ensuite la droite isocon (pour isoconcentration) en reliant les points des éléments qui sont considérés comme "immobiles". Les éléments dont le point est situé sous la courbe isocon affichent une perte alors que ceux qui sont situés au-dessus affichent un gain. Il est possible de quantifier le gain ou la perte (ΔC) d'un élément en mesurant la distance entre le point de celui-ci et l'abscisse, par rapport à la position qu'il aurait sur l'isocon si cet élément était immobile. Le résultat est exprimé en pourcentage. Pour les calculs qui suivent, les compositions utilisées pour chacune des unités apparaissent au tableau 3.

La figure 9 montre le diagramme isocon pour la zone de brèche par rapport aux volcanites porphyriques de l'éponte supérieure. Les valeurs utilisées proviennent du tableau 3 et représentent une composition moyenne. Cette démarche n'est pas rigoureuse mais elle nous permet d'évaluer grossièrement la mobilité des éléments chimiques lors du métasomatisme. Pour la figure 9, il est possible de tracer une droite isocon passant par les points représentant TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Zr et SiO_2 . Ceci implique que lors du ou des processus d'altération qui ont produit la brèche à partir de la roche initiale, en occurrence la volcanite de l'éponte supérieure, ces éléments sont demeurés "immobiles" à l'échelle de l'échantillonnage. Le choix de ces éléments pour tracer l'isocon est suggéré par leur alignement (Grant, 1986).

Si cet isocon est valide, les éléments qui ont subi une perte sont: CaO , Na_2O , P_2O_5 et Sr alors que Fe_2O_3 , MnO , K_2O , Y , Cr , Ba et les métaux (Au , Cu , Zn , Ag) montrent un gain. Cet exercice fut répété pour comparer la roche métasomatique à

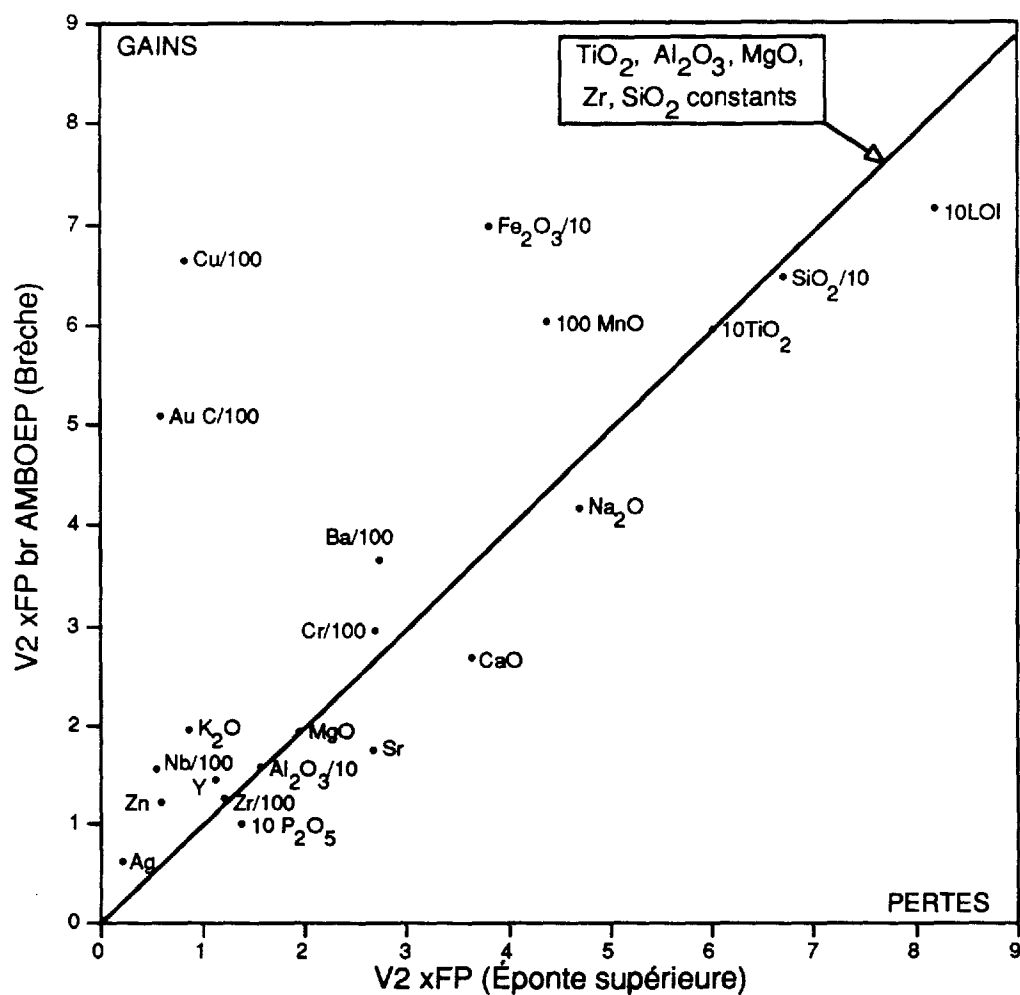


Figure 9. Diagramme Isocon de Grant (1986) entre les volcanites porphyriques de l'éponte supérieure et la brèche hydrothermale à biotite amphibole-épidote.

biotite-amphibole et les volcanites à biotite de l'éponte inférieure aux volcanites porphyriques de l'éponte supérieure. Le tableau 6 montre les résultats de ces comparaisons pour chacun des éléments chimiques disponibles. Les figures 10 et 11 représentent respectivement les variations du tableau 6 exprimées sous forme de graphique pour les oxydes et les éléments traces. L'échelle d'échantillonnage ne permet pas d'estimer directement les variations chimiques entre les fragments de la brèche, la matrice et les veinules. Par contre, si la roche métasomatique à biotite-amphibole-épidote représente de façon fiable la composition de la matrice, il est possible d'évaluer les transferts d'éléments chimiques entre les fragments et leur matrice (incluant les veinules).

5.2.1 ÉLÉMENTS MAJEURS

Pour les oxydes, SiO_2 , TiO_2 et Al_2O_3 ne montrent pas de variations considérables quoique dans l'éponte inférieure, le SiO_2 soit faiblement lessivé (10 à 15%). Le fer est fortement ajouté (plus de 600% dans la roche métasomatique) dans tous les faciès d'altération, ce qui n'est pas surprenant étant donné l'altération en biotite et amphibole. Le manganèse est aussi ajouté dans tous les faciès d'altération et il entre en faible quantité dans la composition de la biotite et de l'amphibole. Le magnésium est "immobile" dans la brèche alors qu'il montre une augmentation dans l'éponte inférieure et dans la roche métasomatique (respectivement de 43% et 150%). Ceci suggère une migration du Mg des fragments vers la matrice de la brèche pour pouvoir équilibrer les réactions d'altération.

Le CaO est perdu dans la brèche et dans l'éponte inférieure (respectivement de 25% et 36%) alors qu'il montre un gain dans la roche métasomatique (44%). Ceci suggère une migration partielle du calcium vers les zones de forte altération en amphibole et épidote et qu'une partie de cet élément est lessivée du système. Pour le

Tableau 6. Variations de composition chimique (ΔC , en pourcentage) calculées à partir du diagramme Isocon de Grant (1986). Les volcanites intermédiaires porphyriques de l'éponte supérieure sont utilisées comme unité de référence.

	Brèche V2xFP br AM-BO-EP	Roche métasomatique V2xFP AM ⁺ BO ⁺ EP	Éponte inférieure V2xFP BO(AM)
SiO ₂	-2,52	-0,33	-11,55
TiO ₂	-0,20	4,63	4,66
Al ₂ O ₃	1,45	-4,13	0,77
Fe ₂ O ₃ *	84,27	636,67	167,33
MnO	38,52	319,65	69,36
MgO	0,36	150,75	43,32
CaO	-25,62	44,45	-36,32
Na ₂ O	-10,34	-72,93	-38,59
K ₂ O	125,70	318,34	245,01
P ₂ O ₅	-26,90	-80,27	-0,86
PAF	-11,84	71,17	1,17
Ba	35,09	160,83	89,64
Cr	10,89	85,37	0,79
Nb	171,81	4706,23	61,66
Sr	-33,69	-44,54	-22,34
Y	29,01	1233,81	75,79
Zr	5,13	-36,52	2,42
Cu	692,56	2692,36	390,92
Au	719,77	2058,40	148,76
Ag	182,02	1456,54	133,47
Zn	105,10	570,27	118,18

* Fer total. Eléments majeurs en pourcentage poids, éléments trace en ppm sauf Au en ppb.

V2xFp= Volcanite intermédiaire à phénocristaux de feldspath, br=brèche.

CC=Calcite, CL=Chlorite, BO=Biotite, AM= Amphibole, EP=épidote,

MV= Muscovite

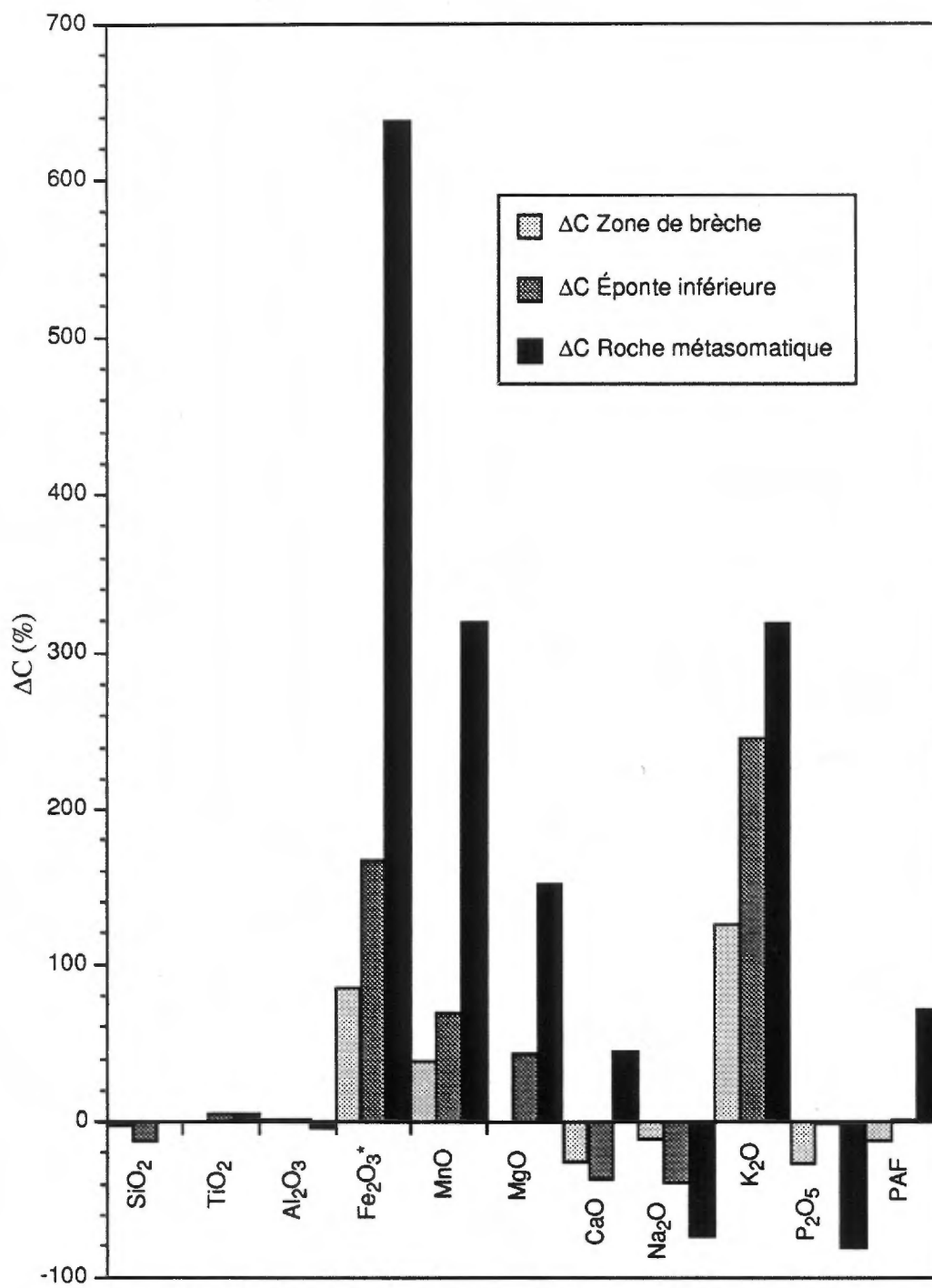


Figure 10. Diagramme de variation pour les éléments majeurs.

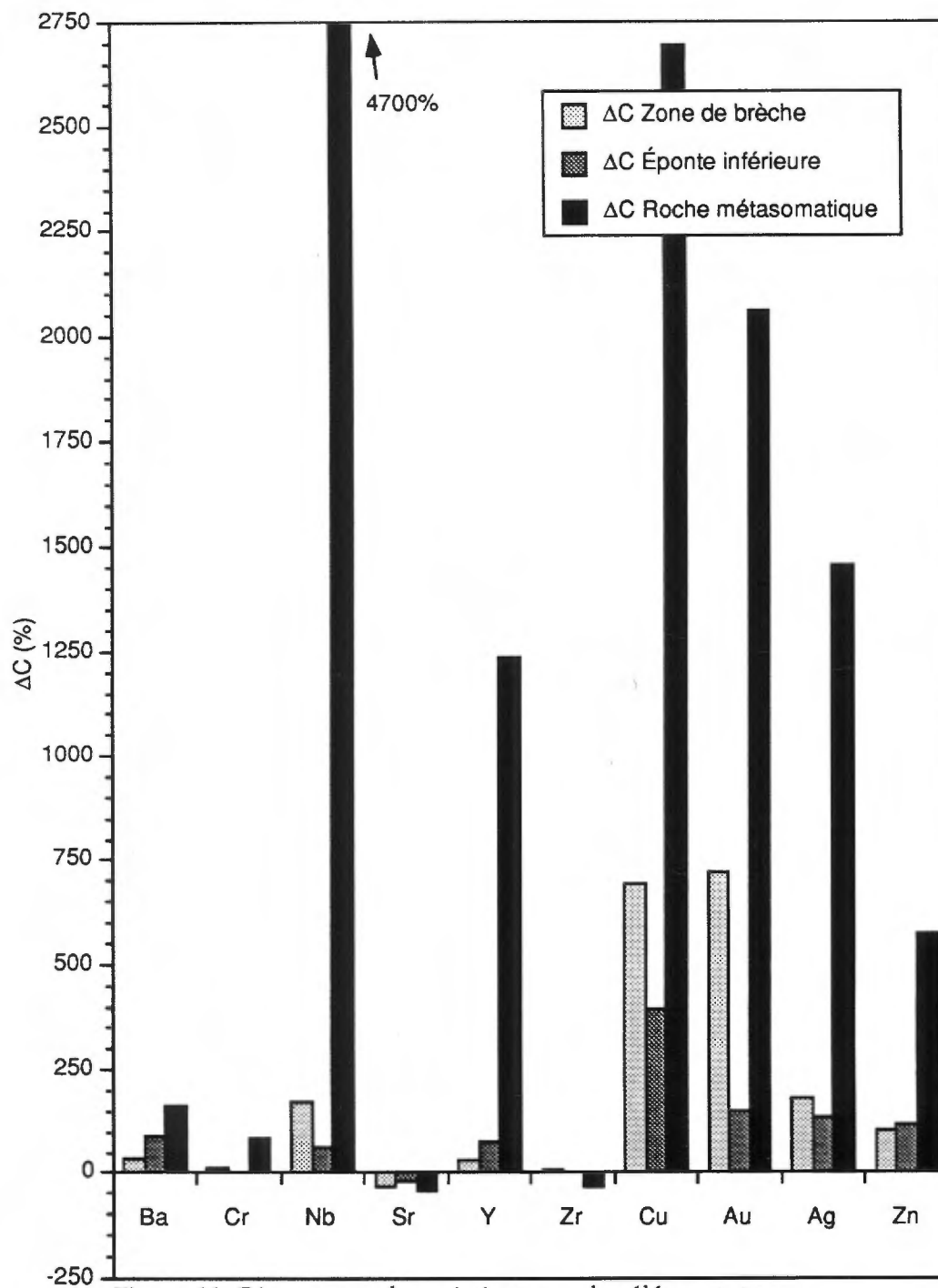


Figure 11. Diagramme de variation pour les éléments traces.

Na_2O , il affiche une perte de 73% dans le faciès très altéré (BO+AM+EP) et une perte de 38% dans l'éponte inférieure (BO). La perte est plus faible dans la brèche (10%) ce qui suggère une migration de la matrice vers les fragments ou du moins que le sodium n'est pas lessivé des fragments. Cet enrichissement faible dans les fragments pourrait expliquer la présence de phénocristaux d'albite bien développés en bordure de ceux-ci. Notons aussi que les proportions de CaO et de Na_2O sont légèrement plus élevées dans l'éponte supérieure que la moyenne de LeMaître (1976) au tableau 5. Il est possible qu'une partie du calcium et du sodium, lessivée dans la zone minéralisée, ait migré vers l'éponte supérieure.

Le potassium montre une augmentation importante dans tous les faciès d'altération. La brèche, l'éponte inférieure et la roche métasomatique contiennent respectivement 126%, 245% et 318% de plus de potassium que l'éponte supérieure. L'augmentation du potassium est compatible avec la présence de biotite en grande quantité dans la brèche. La faible proportion de potassium dans la roche fraîche par rapport aux statistiques de LeMaître (1976) (tableau 5) évoque la possibilité d'un lessivage des parties périphériques du gisement au profit de son centre. Le P_2O_5 est lessivé dans la brèche et dans la roche métasomatique alors qu'il est stable dans l'éponte inférieure.

Le comportement des éléments volatiles (CO_2 , H_2O , S), représenté par la perte au feu (PAF), peut être quantifié dans l'ensemble mais non sur une base individuelle. De façon générale, la proportion de volatiles augmente dans un gisement aurifère avec l'apparition de minéraux tel que les carbonates, les sulfures et les micas (Colvine et al., 1988). Dans le cas qui nous concerne, la perte au feu montre une diminution dans la brèche, elle reste stable dans l'éponte inférieure et elle augmente dans la roche métasomatique. Pour la brèche, la présence de biotite, d'amphibole et de

sulfures devrait faire augmenter la perte au feu. La disparition d'une partie des carbonates présents dans l'éponte supérieure pourrait expliquer la diminution observée.

5.2.2 ÉLÉMENTS TRACES

Tous les éléments traces disponibles, à l'exception du strontium et du zirconium, montrent une augmentation importante dans tous les faciès. Le barium est ajouté progressivement de la brèche à l'unité métasomatique. Le chrome est ajouté dans la brèche et la matrice de la brèche, alors qu'il est stable dans l'éponte inférieure. L'amphibole et la biotite peuvent contenir du chrome. Le niobium est ajouté dans tous les faciès mais particulièrement dans l'unité métasomatique (4700%). Le strontium est lessivé de toutes les unités mais en plus grandes proportions dans la roche métasomatique et la brèche. L'yttrium montre un ajout principalement dans l'unité métasomatique (1234%). L'épidote peut incorporer de faibles quantités d'yttrium dans sa structure. Le zirconium est stable dans la brèche et l'éponte inférieure mais lessivé (-36%) dans la roche métasomatique.

Les métaux convoités (Cu, Au, Ag, Zn) sont ajoutés en plus grandes proportions dans l'unité métasomatique, suivis de la brèche et de l'éponte inférieure. Ceci suggère que l'unité métasomatique soit bel et bien le résultat d'une altération.

5.3 DISCUSSIONS

L'immobilité relative du SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 et Zr appuie l'hypothèse que la zone de brèche et la zone à biotite de l'éponte inférieure proviennent de l'altération des volcanites porphyriques de l'éponte supérieure. On remarque, avec les figures 10 et 11 que deux comportements principaux émergent parmi les éléments étudiés. Un premier groupe montre une croissance ou une décroissance progressive entre la

brèche, l'éponte inférieure et la roche métasomatique. Le fer, le manganèse, le magnésium, le sodium, le potassium, le barium et l'yttrium se retrouvent dans ce groupe, suggérant que l'intensité de l'altération augmente dans ces faciès selon l'ordre où ils sont actuellement cités.

D'autres éléments comme le calcium, le phosphore, le chrome, le niobium, le strontium, le zirconium, et les métaux économiques comme l'or, le cuivre, l'argent et le zinc montrent une augmentation ou une diminution moins marquée dans l'éponte inférieure que dans la brèche et l'unité métasomatique. Cette différence de comportement peut être expliquée par la présence de plus d'une étape d'altération ou par une variation dans la composition du fluide responsable de l'altération et de la minéralisation. Alors que plusieurs oxydes (Fe_2O_3 , MgO , MnO , K_2O , Na_2O , CaO) indiquent une plus grande altération dans l'éponte inférieure que dans la brèche, cette dernière contient plus de minéralisation (Au, Cu, Ag). Ceci démontre qu'une partie importante de l'altération n'est pas accompagnée de minéralisation significative. Cet asynchronisme entre l'altération et la minéralisation sera discuté plus en détail au chapitre 7.

L'augmentation importante de plusieurs éléments dans l'unité métasomatique suggère que celle-ci constitue le foyer de la circulation du ou des fluides à l'intérieur de la zone de brèche.

CHAPITRE 6

COMPOSITION CHIMIQUE DES MINÉRAUX

L'analyse, à la microsonde électronique, des principaux minéraux d'altération rencontrés dans la Zone 87, a pour objectifs de 1) connaître la composition chimique exacte de ces minéraux, 2) déceler des variations de cette composition et établir s'il y a lieu une distribution spatiale, 3) comparer les résultats avec d'autres gisements et 4) déterminer les conditions de pression et de température lors de la formation des assemblages minéralogiques observés. Un total de 389 analyses furent effectuées sur 18 lames minces polies. La biotite, l'amphibole et les plagioclases furent analysés de façon systématique alors que la chlorite, l'épidote, la calcite, la muscovite et le grenat ont fait l'objet d'analyses sporadiques lorsqu'ils étaient rencontrés.

6.1 BIOTITE

Pour la biotite, 14 lames minces ont été utilisées, pour un total de 116 analyses chimiques. Le tableau 7 montre la composition moyenne des biotites analysées pour chacune des lames minces. Le Ti et le Al dans les sites octaédriques varient respectivement de 0,10 à 0,32 et 0,36 à 0,74. Ceci suggère une température de cristallisation inférieure à 500°C (Le Bel, 1979; Taner et al., 1986). La teneur moyenne de Cl varie de 0,05% à 0,18% (Figure 12-A) et quelques essais n'ont pas permis de détecter de Fluor (F). La proportion de phlogopite ($\#Mg = Mg / (Mg + Fe_{tot})$) varie de 0,35 à 0,55, ce qui place les grains analysés dans le champ de la biotite (Figure 12-B).

Tableau 7. Composition chimique moyenne de la biotite pour chacune des lames minces analysées.

N°	MM 90	MM 90	MM 90	FR 12	FR 20	FR 20	FR 24	FR 24	FR 26	FR 26	FR 31	FR 73	MM 90
n=	71	61	56	18,8	25,3	45,4	196,5	44,5	192,8	23,8	94,8	143,5	88
	8	4	8	7	4	4	7	4	19	6	11	5	23
	•	O	•	O	O	•	•	O	•	O	O	•	•
SiO ₂	35,40	35,75	34,14	35,50	37,02	36,34	34,83	36,72	35,59	37,29	36,62	33,82	35,83
TiO ₂	1,34	1,76	1,63	1,88	1,75	1,51	1,14	1,05	1,81	1,55	1,97	0,87	1,99
Al ₂ O ₃	17,61	16,64	18,14	18,20	16,11	15,46	17,38	16,79	17,53	16,55	16,97	16,73	15,80
FeO*	21,88	22,25	24,78	22,42	20,62	23,62	24,52	18,33	21,98	18,84	20,89	27,62	22,44
MgO	10,04	9,29	8,90	8,48	10,93	9,61	8,22	12,68	9,47	11,40	10,68	8,60	7,61
MnO	0,13	0,00	0,13	0,02	0,00	0,12	0,26	0,12	0,06	0,11	0,26	0,05	0,11
CaO	0,00	0,00	0,00	0,15	0,19	0,08	0,00	0,00	0,16	0,21	0,20	0,00	0,00
Na ₂ O	0,06	0,11	0,13	0,27	0,00	0,16	0,18	0,00	0,28	0,31	0,27	0,05	0,12
K ₂ O	9,81	10,01	8,69	9,29	9,90	9,78	9,78	10,00	9,59	9,78	9,69	8,62	9,96
Cl	0,05	0,04	0,04	n/a	0,00	0,00	0,04	n/a	0,02	n/a	n/a	0,02	0,01
Total	96,31	95,84	96,57	96,21	96,53	96,66	96,33	95,69	96,49	96,03	97,54	96,37	96,19
O=F,Cl	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01
Total	96,29	95,82	96,55	96,21	96,53	96,66	96,31	95,69	96,48	96,03	97,54	96,36	96,18
Si	5,46	5,55	5,29	5,50	5,67	5,65	5,41	5,68	5,46	5,68	5,62	5,29	5,50
Ti	0,15	0,21	0,19	0,22	0,20	0,18	0,14	0,12	0,21	0,18	0,23	0,10	0,22
Al tot	3,20	3,04	3,31	3,32	2,91	2,83	3,18	3,06	3,17	2,97	3,07	3,09	2,86
Aliv	2,54	2,45	2,72	2,50	2,33	2,35	2,59	2,32	2,54	2,33	2,38	2,71	2,50
Alvi	0,66	0,59	0,60	0,83	0,57	0,48	0,59	0,74	0,63	0,64	0,69	0,37	0,36
Fe	2,82	2,89	3,21	2,91	2,64	3,07	3,18	2,37	2,82	2,40	2,68	3,61	2,88
Mg	2,31	2,15	2,05	1,96	2,49	2,23	1,90	2,92	2,16	2,58	2,44	2,00	2,31
XMg	0,45	0,43	0,39	0,40	0,49	0,42	0,37	0,55	0,43	0,52	0,48	0,36	0,44

FeO* = Fer total. XMg = (Mg/Mg+Fe²⁺). O = Biotite + Amphibole < 20%, • = Biotite + Amphibole > 20%

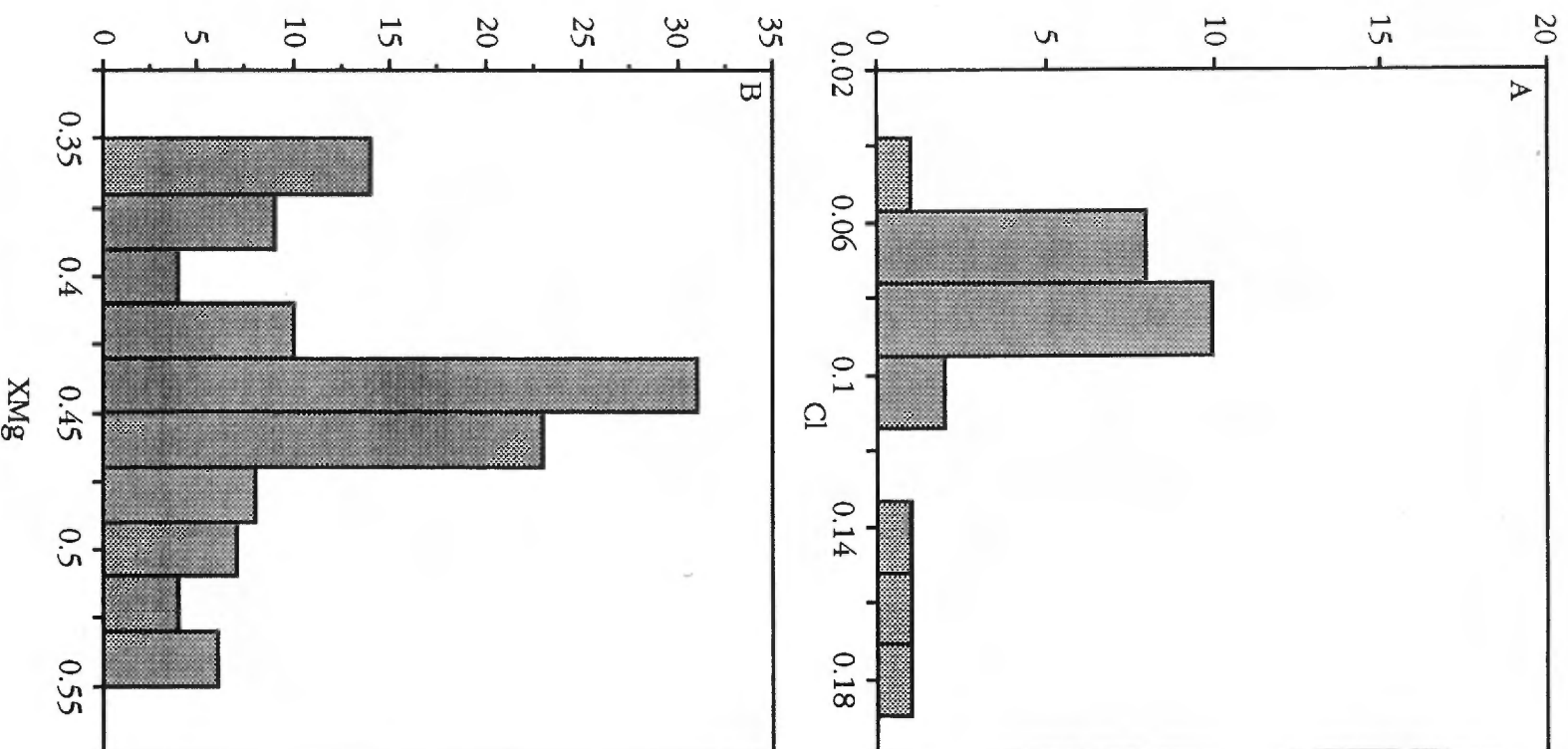


Figure 12. Histogrammes du Chlore (A) et de la proportion de phlogopite (B) dans les biotites de la Zone 87.

A l'échelle de la lame mince, des variations de composition chimique sont observées entre différents types de biotite. Ces variations sont particulièrement visibles pour la biotite rencontrée dans la zone de brèche. À l'intérieur des fragments porphyriques, on retrouve une biotite fine disséminée entre les grains de quartz et de plagioclase. Dans la matrice de la brèche, on rencontre de la biotite dans des veinules de quartz associée avec l'amphibole, l'épidote, les sulfures et localement la chlorite. Finalement, la matrice de la brèche contient aussi de la biotite associée avec l'amphibole et l'épidote. Le tableau 8 montre les variations de composition entre ces trois types de cristaux pour la lame MM-90-88. De tous les éléments, le Ti montre les variations les plus importantes, allant de 0,26 dans les fragments à 0,21 dans la biotite de la matrice à 0,15 dans les veinules de quartz-sulfure. Cette variation pourrait indiquer une température de cristallisation plus basse dans la matrice de la brèche que dans les fragments (Laird et Albee, 1981).

La figure 13-A montre la relation entre la proportion de phlogopite et la quantité de Al dans les sites octaédriques (vi). Ce graphique appelé plan de la biotite idéale, montre les substitutions $Mg \rightleftharpoons Fe^{2+}$ et $(Mg, Fe^{2+}) + Si^{iv} \rightleftharpoons Al^{iv} + Al^{vi}$ (échange Tschermakitique, Guidotti, 1984). On remarque que les échantillons contenant moins de 20 % de biotite et d'amphibole combinées (E) montrent un contenu en aluminium octaédrique plus élevé que ceux contenant plus de 20% (X). De même, la proportion de phlogopite ($Mg / (Mg + Fe_{tot})$) diminue légèrement avec l'augmentation du degré d'altération. La diminution de Al^{vi} peut être expliquée par une diminution du Si dans les sites tétraédriques (Figure 13-B). Ces variations de composition peuvent être causées par des modifications de composition chimique de la roche hôte, par une modification de la nature des fluides hydrothermaux, par des conditions de pression et de température variables, par une fluctuation du ratio fluide/roche ou par une

Tableau 8. Variations de composition chimique de la biotite en fonction de l'habitus dans le même échantillon (MM 90-88).

Habitus n=	Veinules qtz+ Sulfures 8	Matrice brèche 2	Matrice Fragments 13
SiO ₂	35,48	36,40	35,96
TiO ₂	1,25	1,85	2,25
Al ₂ O ₃	15,92	15,64	15,75
FeO	22,57	21,84	22,45
MgO	10,43	10,58	9,79
MnO	0,14	0,00	0,05
CaO	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,16	0,14	0,10
K ₂ O	9,71	10,13	10,08
Cr ₂ O ₃	0,11	0,00	0,07
Cl	0,02	0,08	0,01
O=F,Cl	95,80	96,65	96,51
Total	0,00	0,02	0,00
	95,80	96,63	96,51
Si	5,50	5,59	5,54
Al ^{iv}	2,50	2,41	2,46
Al ^{vi}	0,41	0,42	0,41
Ti	0,15	0,21	0,26
Fe	2,93	2,80	2,89
Mg	2,41	2,42	2,25
Mn	0,02	0,00	0,01
Ca	0,00	0,00	0,00
Na	0,02	0,02	0,01
K	1,92	1,98	1,98
Cr	0,01	0,00	0,01
XMg	0,45	0,46	0,44

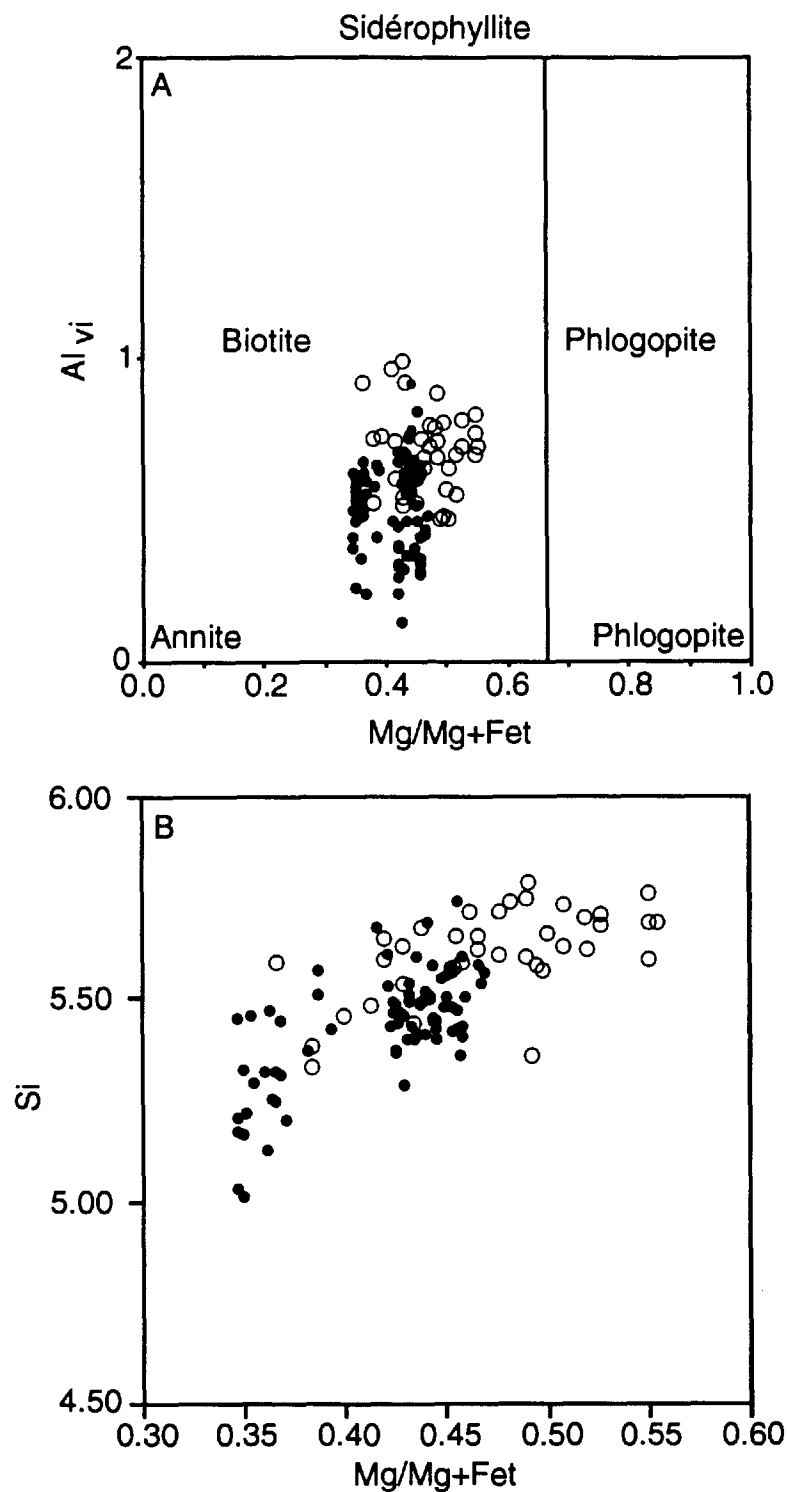


Figure 13. A) Plan de biotite idéale, (Guidotti 1984). B) Si en fonction de la proportion de phlogopite dans la biotite de la Zone 87.
○ = biotite + amphibole < 20% ● = biotite + amphibole > 20%.

combinaison de ces facteurs.

Taner et al., (1986) ont documenté la composition chimique de la biotite hydrothermale rencontrée dans quelques gisements aurifères Québécois. Ceci nous permet de comparer rapidement la composition de la biotite de la Zone 87 avec d'autres gisements. La conclusion majeure des travaux de Taner et al. (1986) stipule que la composition de la biotite reflète le milieu dans lequel elle cristallise. Le tableau 9 résume les observations de Taner et al., (1986) et compare leurs résultats avec la biotite rencontrée dans la zone de brèche. La biotite de la mine Sigma s'apparente le plus à celle de la Zone 87 tant par sa proportion de phlogopite que par sa composition ionique. Seul l' Al^{VI} est supérieur dans le cas de la mine Sigma (0,73 vs 0,36 pour la Zone 87).

Dans les systèmes porphyriques, Jacobs et Parry (1979) ont documenté des variations importantes dans la composition chimique des biotites retrouvées dans chacun des faciès d'altération à la mine Santa Rita (Nouveau Mexique). La proportion de phlogopite augmente systématiquement à partir de la biotite magmatique ($XMg=0,57$), vers la biotite secondaire ($XMg=0,61$) et finalement la biotite incluse dans les veines (0,69). Cette variation est reliée à une baisse de température, du faciès magmatique vers les veines (Jacobs et Parry, 1979). Notons aussi que la quantité de volatiles inclus dans la biotite des systèmes porphyriques est plus élevée ($>0,20\%$ Cl, Jacobs et Parry, 1979) que dans les gisements aurifères archéens ($<0,10$, Taner et al., 1986). Les valeurs en chlore approchant 0,20% (Figure 12) peuvent être expliquées par la composition ferrière de la biotite (Guidotti, 1984).

Les variations dans la proportion de phlogopite de la biotite de la Zone 87 suggèrent une température plus élevée (Jacobs et Parry, 1979) et un milieu plus réducteur (Richardson et al, 1986) dans la partie centrale du gisement. La biotite

Tableau 9. Comparaison entre la composition de la biotite du gisement du Lac Troilus et les résultats de Taner et al. (1986).

	SIGMA	SIGMA-2	Bachelor Lake	South Briar Zone Malartic	Zone P Canadian Malartic	Lac Troilus Zone 87
# échan. n	11 6	13 6	10 4	15 8	22 3	MM-90-88 25
Altération	Veine quartz- biotite±PO± CP	Veine quartz- biotite-PO-PY	Si ⁺ -biotite- PY-ankérite- fluorine	Biotite- carbonate- Mg.chlorite- sulfures	quartz-chlorite- biotite-MG-PY- CP	Biotite- amphibole- épidote-PO-PY- CP
SiO ₂	36,18	33,59	38,20	36,03	37,66	35,83
TiO ₂	1,74	2,23	1,55	1,74	2,26	1,87
Al ₂ O ₃	17,76	17,39	14,24	17,13	16,52	15,80
FeO*	20,20	26,68	15,72	17,47	16,89	22,44
MgO	9,82	4,53	14,26	12,68	12,91	10,08
MnO	0,16	0,05	0,08	0,11	0,23	0,08
CaO	n.d.	0,01	n.d.	0,03	n.d.	n.d.
Na ₂ O	0,12	0,05	0,04	0,04	0,04	0,12
K ₂ O	9,07	9,22	9,63	8,05	8,44	9,96
F	0,16	0,08	4,34	0,34	0,29	n.d.
Cl	0,04	0,02	0,03	0,05	0,01	0,02
	95,25	93,85	98,09	93,67	95,25	96,21
O=F,Cl	0,07	0,03	1,83	0,15	0,12	0,01
Total	95,18	93,82	96,26	93,52	95,13	96,20
Ions 22 (O)						
Si	5,53	5,42	5,81	5,44	5,64	5,50
Al ^{iv}	2,47	2,58	2,19	2,56	2,36	2,50
Al ^{vi}	0,73	0,72	0,36	0,53	0,55	0,36
Ti	0,19	0,27	0,18	0,20	0,25	0,22
Fe	2,58	3,59	2,00	2,24	2,11	2,88
Mg	2,24	1,09	3,23	2,89	2,88	2,31
Mn	0,002	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
Na ^{xii}	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Ca	n.d.	—	n.d.	—	n.d.	0,00
K	1,77	1,89	1,88	1,57	2,88	1,95
F	0,078	0,043	2,088	0,166	0,173	—
Cl	0,009	0,006	0,008	0,014	0,002	0,006
XMg	0,46	0,22	0,62	0,56	0,57	0,44

FeO* = Fer total. XMg = Mg/Mg+Fe_{tot}

provenant du gisement de Boddington possède une composition plus magnésienne avec 16,72% FeO_{tot} et 12,36 MgO (Roth et Groves, 1991).

6.2 AMPHIBOLE

Un total de 56 analyses réparties sur 8 lames minces sont représentées sur le diagramme de Leake (1978) de la figure 14. La formule d'amphibole utilisée est celle appelée "AVERAGE Fe^{3+} " par Spear et Kimball, (1984), où le Fe^{3+} est obtenu en faisant la moyenne de la plus haute et de la plus basse valeur de Fe^{3+} stoechiométriquement acceptables.

Ce sont des amphiboles calciques ($[\text{Ca}+\text{Na}]_{\text{B}} > 1,34$ et $\text{Na}_{\text{B}} < 0,67$), principalement situées dans le champ des magnésio-hornblendes et des ferro-hornblendes. Quelques analyses entrent dans le champ des hornblendes tschermakitiques et deux analyses se retrouvent dans le champ de l'actinote. De façon générale, les échantillons contenant moins de 20 % de biotite et d'amphibole combinées (E) montrent un rapport $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}$ plus élevé ($> 0,50$) que les échantillons provenant des zones plus altérées (J) où la proportion de biotite et d'amphibole combinées dépasse 20% ($\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{2+} < 0,60$). L'amphibole la plus magnésienne (+) est associée au plagioclase le plus calcique ($\text{An}_{>30}$) et provient d'unités de composition intermédiaire à mafique (diorite-gabbro?) montrant la paragenèse amphibole-plagioclase-quartz $\pm$ biotite $\pm$ chlorite. Cette variation de composition en fonction du degré d'altération est aussi observée pour la biotite (section précédente) et la figure 15 montre que le rapport $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}$ chez l'amphibole est directement proportionnel au rapport $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{\text{tot}}$ de la biotite. Cette relation suggère que le même mécanisme contrôle la proportion de Mg et Fe dans ces deux minéraux (Richardson et al, 1986).

La figure 16 montre la composition des amphiboles de la Zone 87 représentée

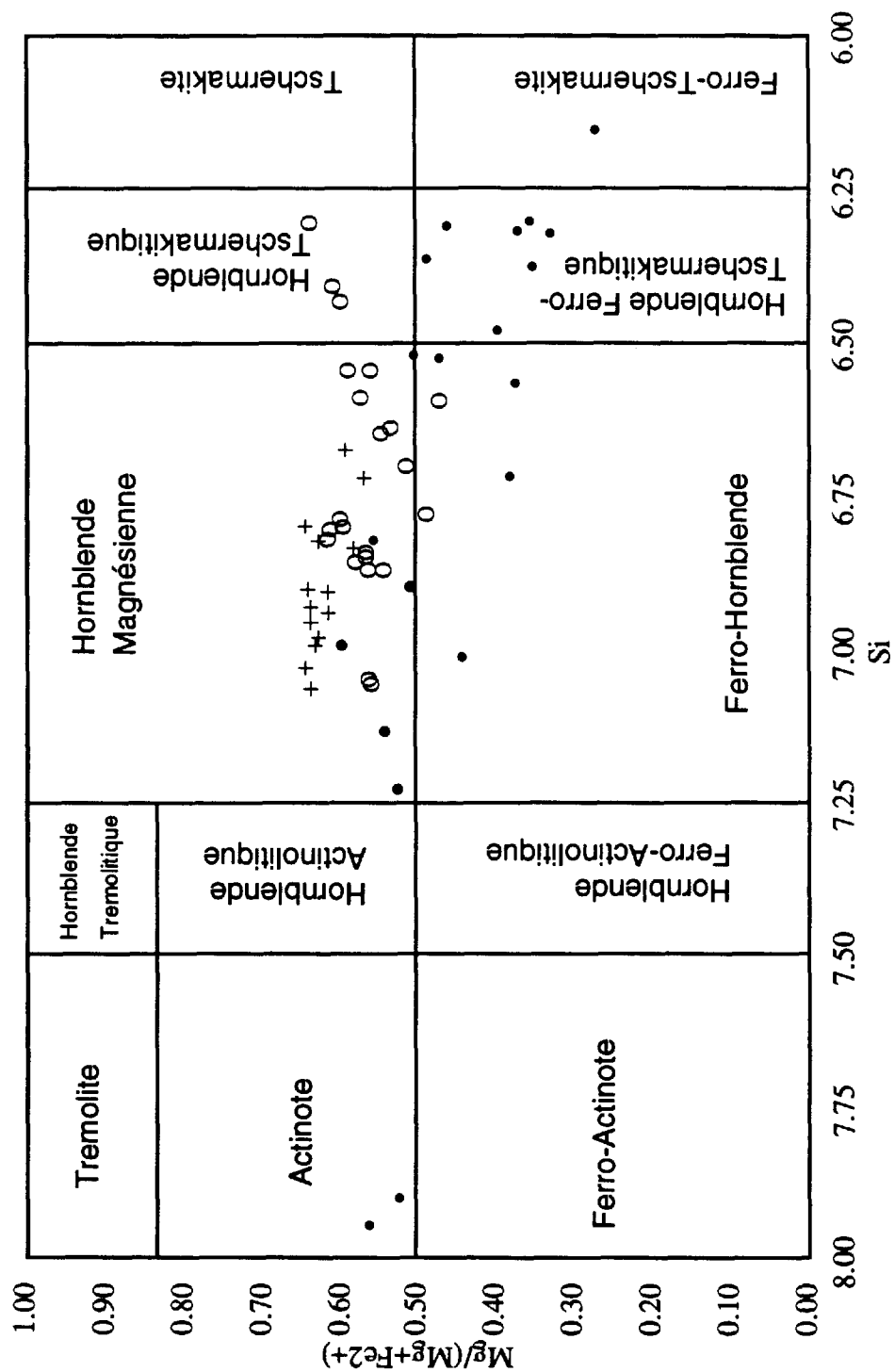


Figure 14. Diagramme de Leake (1981) pour les amphiboles de la Zone 87.
 ● = Biotite + amphibole > 20%, ○ = Biotite + Amphibole < 20%, + = amphibole provenant d'unité intermédiaires à mafiques (gabbro ?).

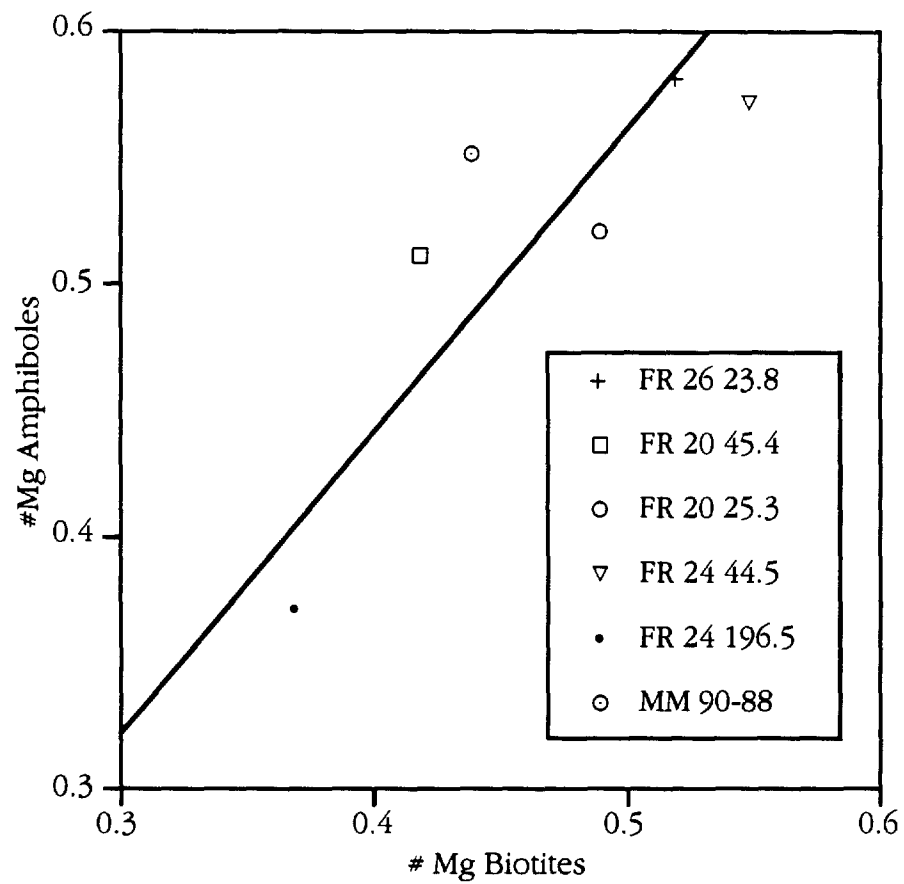


Figure 15. Comparaison entre le rapport $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}$ des amphiboles et le rapport $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}_{\text{tot}}$ des biotites.

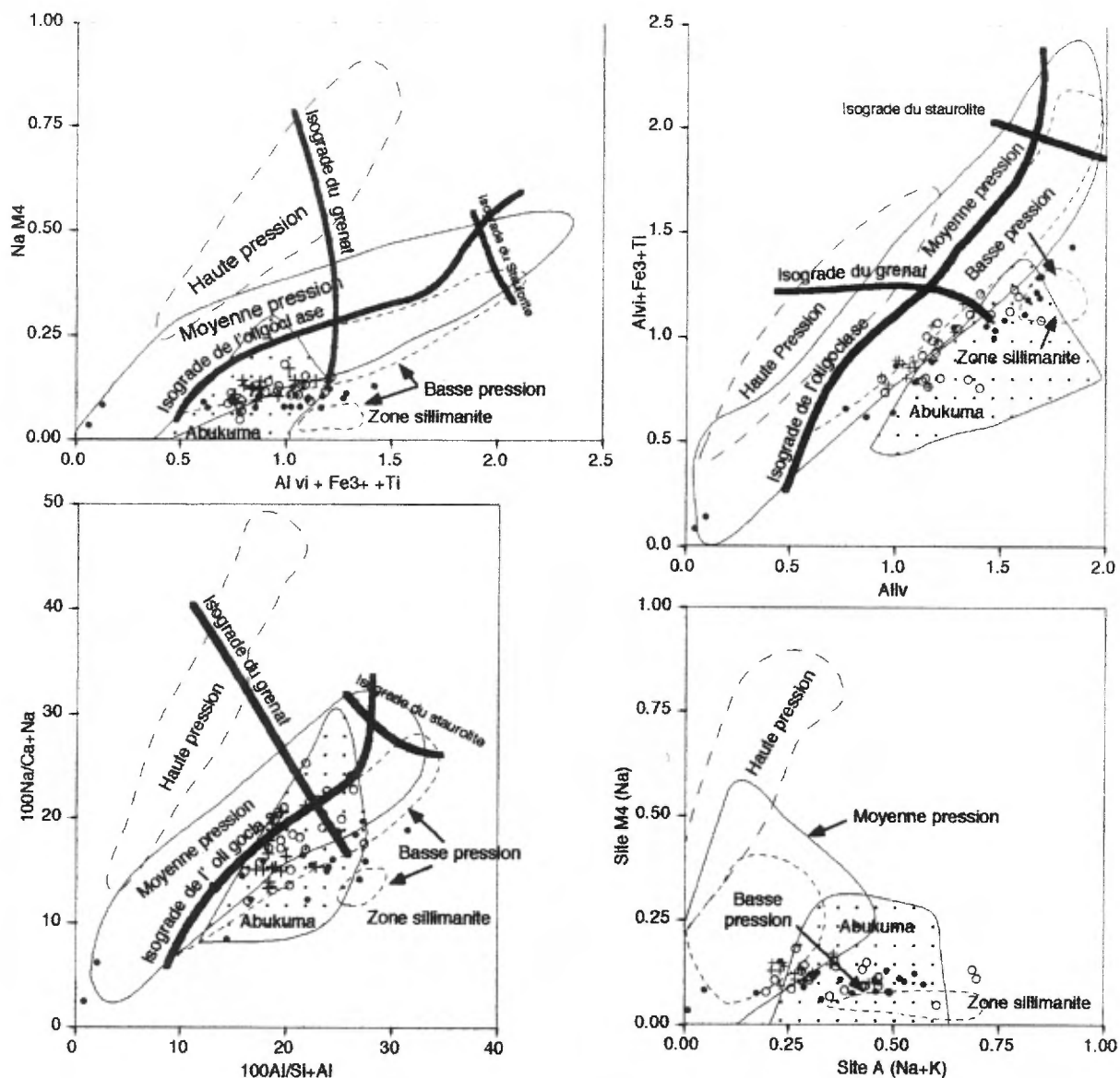


Figure 16. Diagrammes de Laird et Albee (1981) pour les amphiboles de la Zone 87.
 ● = Biotite +amphibole > 20%, ○ = Biotite +amphibole < 20%, + = amphibole provenant d'une lithologie intermédiaire à mafique (gabbro ?).

dans les diagrammes de Laird et Albee, (1981). Nos analyses se situent dans la zone à oligoclase-andésine et chevauchent l'isograde du grenat, ce qui est consistant avec la minéralogie observée. La composition des amphiboles suggère un environnement de basse pression (400-500 MPa) comparable au type Abukuma (Laird et Albee, 1981).

Les amphiboles du gisement de Boddington (Roth et al. 1991) sont des actinotes. Dans ce cas, l'amphibole remplace la biotite hydrothermale et se retrouve aussi dans des veinules avec les sulfures. La présence d'actinote dans les veinules de sulfures est énigmatique selon Roth et al. (1991). Nous avons aussi observé l'amphibole, la biotite et l'épidote à l'intérieur des veinules de quartz-sulfures.

6.3 FELDSPATHS

Les analyses chimiques de feldspath, au nombre de 146, sont réparties sur 9 lames minces polies. Plusieurs compositions différentes sont observées à l'intérieur de la Zone 87. Le plagioclase demeure le feldspath le plus commun avec une composition variant de An_1 à An_{45} (Figure 17). La majorité des analyses se retrouvent dans le champ de l'oligoclase. De plus, le plagioclase albitique est associé à la biotite ferrifère, retrouvée dans la zone de brèche, alors que l'oligoclase se retrouve avec la biotite plus magnésienne (Figure 18), située dans les parties externes du gisement. Le plagioclase dont la composition est $An_{>30}$ provient d'unités de composition intermédiaire à mafique (diorite-gabbro ?) montrant la paragenèse amphibole-plagioclase-quartz $\pm$ biotite $\pm$ chlorite.

Le feldspath potassique est plus rare et constitue généralement moins de 1% de la minéralogie. Il est aussi caractérisé par les macles polysynthétiques de l'albite et de la péricline formant un quadrillage typique. Sa distribution est limitée aux faciès d'altération potassique.

L'utilisation de la microsonde a révélé que la matrice de la majorité des lames

minces analysées est composée de grains de quartz et de plagioclase comme il a été supposé lors des observations pétrographiques. Les proportions de ces deux minéraux dans la matrice sont extrêmement variables et dans certains cas, il est possible que l'un des deux soit absent. La présence de feldspath potassique est aussi remarquée.

6.4 CHLORITE

La chlorite fut analysée dans 6 lames minces pour un total de 33 analyses. La figure 18-A montre les résultats obtenus dans le diagramme de Hey (1954). Les chlorites analysées entrent dans le champ des ripidolites et des pycnochlorites. La figure 18-B montre la relation entre le rapport $Mg/(Mg+Fe)$ des chlorites par rapport à la proportion de phlogopite ($Mg/Mg+Fe_{tot}$) des biotites associées. La composition en fer et magnésium de ces deux minéraux est directement proportionnelle, ce qui est attendu étant donné que la chlorite rétrograde la biotite.

6.5 AUTRES MINÉRAUX

La muscovite, l'épidote, la calcite et le grenat sont les minéraux qui furent analysés sporadiquement. À l'exception des grenats, la quantité d'analyses disponibles pour chacun de ces minéraux est insuffisante pour établir une zonation satisfaisante. La muscovite, rencontrée dans les dykes felsiques, montre une composition phengitique dans le diagramme Al-Si-(Fe+Mg) (figure 19). Une comparaison avec les données de Monier et Robert (1986) indique que ce sont des micas de température moyenne à élevée (figure 19).

Les grains de carbonates analysés se sont avérés être de la calcite (CaO: 51.47 %; MnO: 1,13; FeO: 0,00%; MgO: 0,00%). Ce minéral n'est présent qu'en traces dans le gisement et il représente, avec la chlorite, un événement rétrograde mineur. L'épidote

présent en quantités importantes dans la zone de brèche montre une composition chimique typique et constante (Tableau 10).

Trois grains de grenat furent analysés dont deux en association avec la biotite ce qui permettra l'évaluation des conditions de température. Le tableau 11 montre la composition de ces trois cristaux en bordure et au centre. La proportion de spessartite des grenats situés à proximité de la minéralisation (MM 90-71 et FR 31 105.0) est plus grande que celle de l'échantillon MM 90-56. L'ajout de manganèse dans la zone minéralisée peut expliquer cette situation. Selon Yardley (1989) la présence de manganèse peut étendre le champ de stabilité du grenat à des pressions plus basses que normalement requises à sa cristallisation. La zonation inverse du Mn (plus riche en bordure) pourrait s'expliquer par une cristallisation du grenat synchrone avec l'ajout de cet élément (Phillips 1990). Un échantillonnage plus systématique (traverses) du manganèse dans les grenat de la Zone 87, en parallèle avec l'analyse de cet élément dans les grains de biotites adjacents pourrait servir à préciser si cette interprétation est correcte.

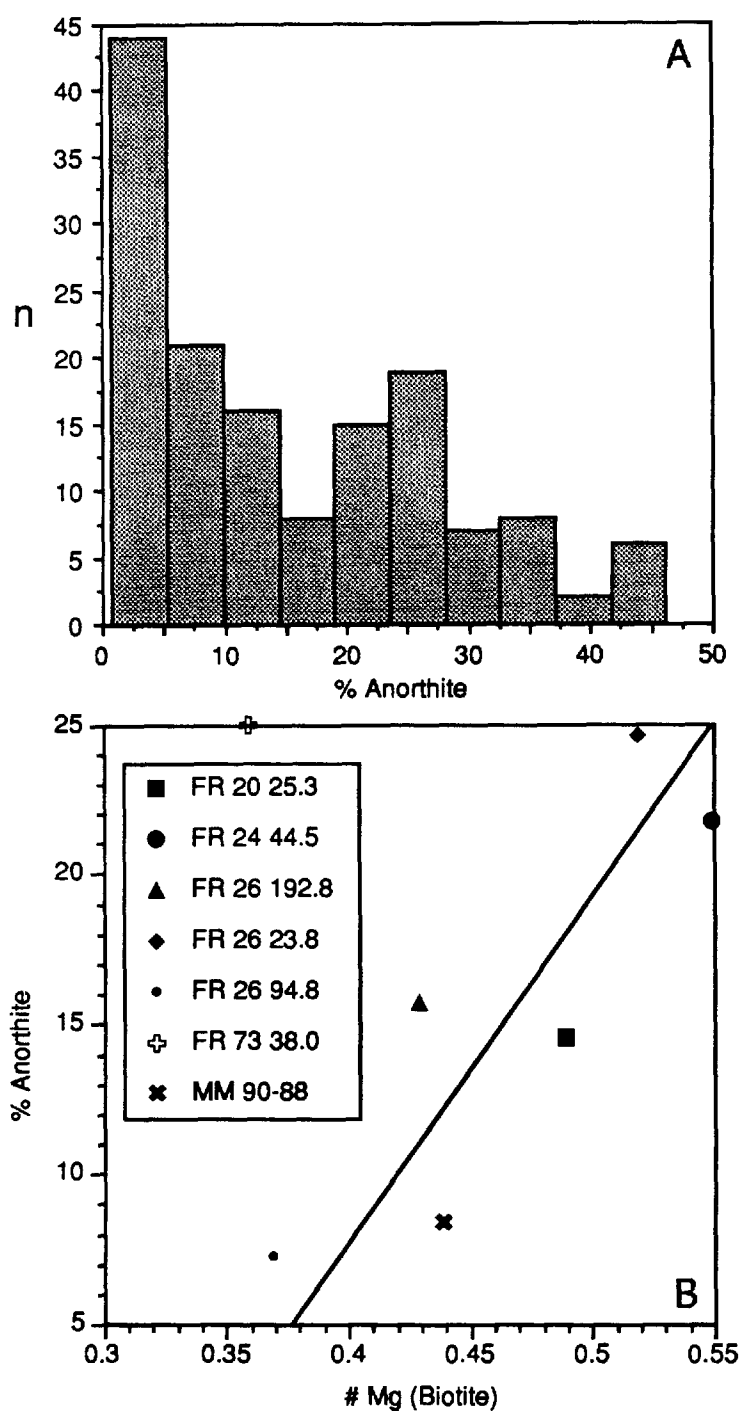


Figure 17. A) Histogramme de la proportion d'anorthite des grains de feldspath analysés. B) Comparaison entre la proportion moyenne d'anorthite des plagioclases et la proportion moyenne de phlogopite de la biotite associée.

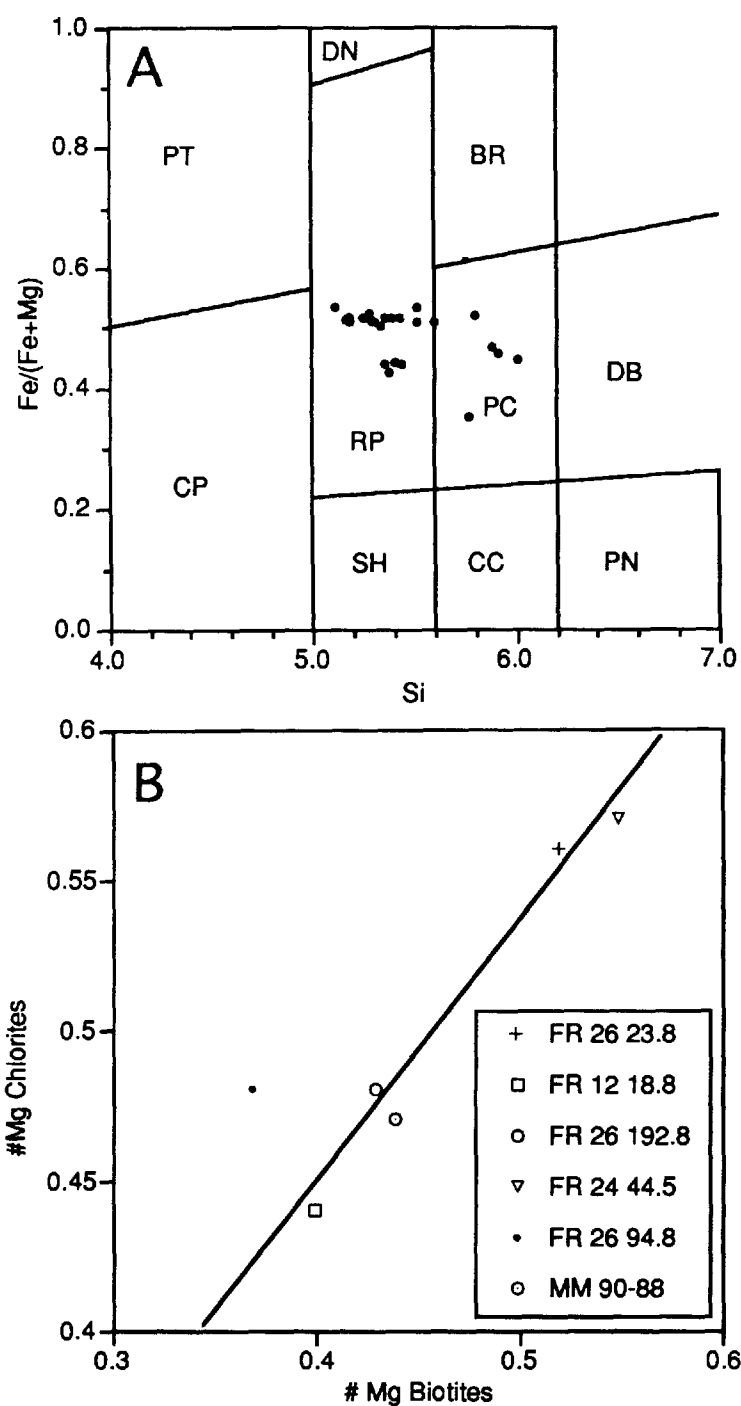


Figure 18. A) Diagramme de Hey (1954) montrant la composition de la chlorite de la Zone 87. Abréviations: PT, pseudothuringite; CP, corundophilite; DN, daphnite; RP, ripidolite; SH, sheridanite; BR, brunsvigite; PC, pycnochlorite; CC, clinochlore; DB, diabantite; PN, penninite. B) Comparaison entre le rapport Mg/Mg+Fe de la chlorite (#Mg) avec la proportion de phlogopite de la biotite associée.

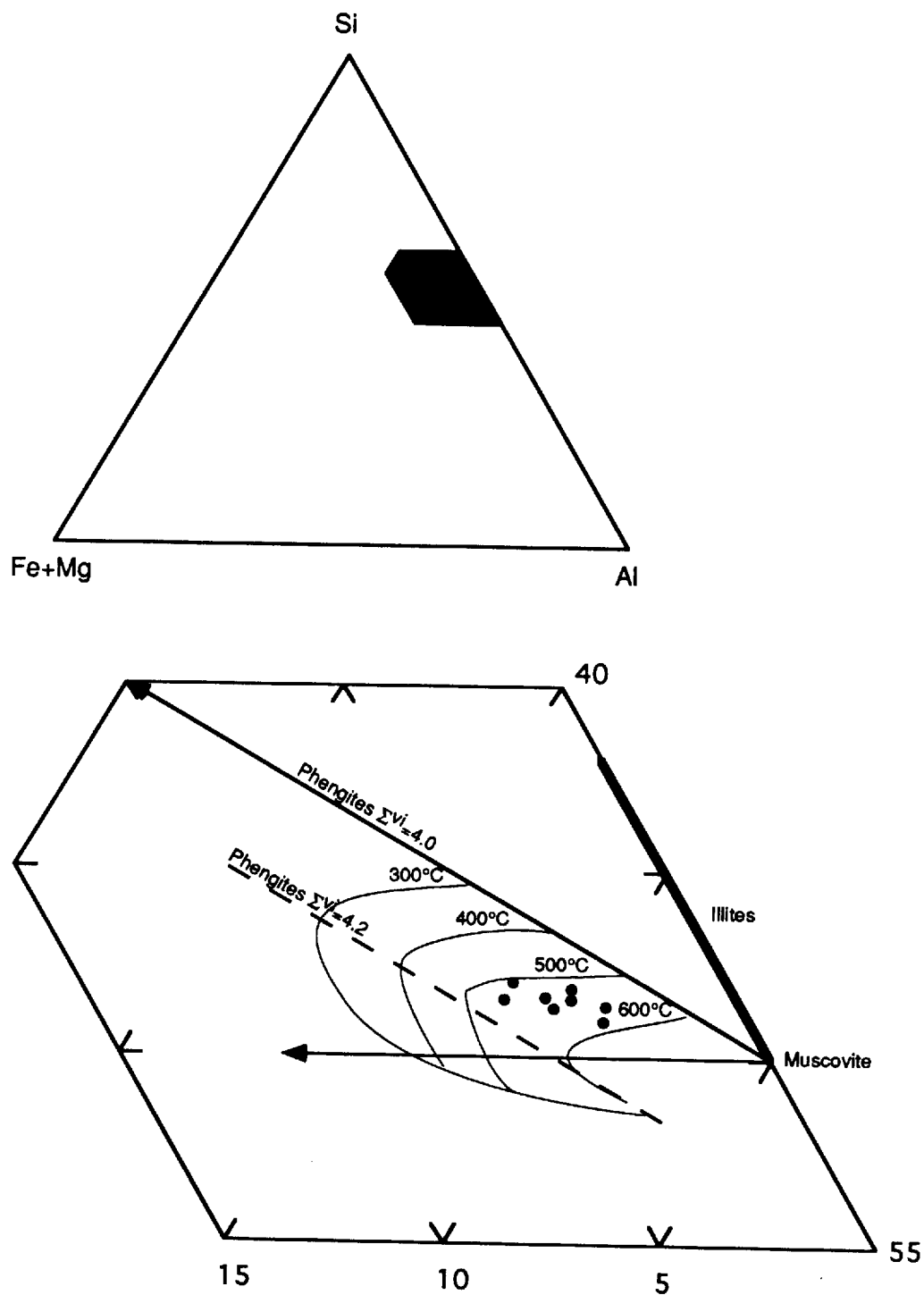


Figure 19. Diagramme Si-Al-(Mg+Fe) pour la muscovite de la Zone 87. Les champs de stabilité sont de Monier et Robert (1986) pour les Mg-phengites pures.

Tableau 10. Composition chimique des épidotes de la Zone 87.

	25.3-1-EPI	25.3-1-EPI	25.3-2-EPI	25.3-3-EPI	45.4-1-EPI	Moyenne
SiO ₂	38,66	37,23	38,51	38,46	37,78	38,13
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,04
Al ₂ O ₃	23,13	22,14	22,83	23,00	24,23	23,07
FeO	12,72	12,73	12,40	11,92	12,20	12,39
MgO	0,23	0,00	0,23	0,00	0,45	0,18
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	24,36	24,07	24,00	24,36	22,53	23,86
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,10	96,17	97,97	97,74	97,38	97,67

Tableau 11. Composition chimique représentative des grenats analysés dans la Zone 87. MM 90-71 provient de la zone d'altération en biotite de l'éponte inférieure. MM 90-56 provient de l'éponte inférieure à l'extérieur de la zone d'altération. FR 31-105.0 provient d'un dyke felsique situé dans la Zone 87.

	MM 90-71 V2 xFp Bordure	MM 90-71 BO ⁺ Centre	MM 90-56 V2? AM ⁺ Bordure	MM 90-56 BO GR Centre	FR 31 105.6 Il xFp Bordure	FR 31 105.0 MV Centre
SiO ₂	36,66	37,93	37,22	37,12	38,80	38,90
TiO ₂	0,28	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
Al ₂ O ₃	20,36	20,93	20,79	19,96	21,55	21,73
FeO	31,98	32,84	35,58	35,78	10,08	12,66
MgO	1,63	2,93	2,02	2,11	1,32	2,65
MnO	6,07	3,64	0,32	0,72	24,17	21,11
CaO	1,94	2,13	3,43	3,25	4,03	3,42
Cr ₂ O ₃	0,28	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00
Total	99,20	100,40	99,67	98,94	100,12	100,47
%						
Almandin	73,49	73,83	81,05	80,52	23,96	29,34
Pyrope	6,68	11,74	8,20	8,46	5,59	10,95
Spessartite	14,13	8,29	0,74	1,64	58,18	49,55
Grossulaire	5,71	6,14	10,01	9,37	12,27	10,16

CHAPITRE 7

INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSIONS

Jusqu'à maintenant, nous avons défini le cadre géologique régional et la géologie locale du gisement du lac Troïlus. Les unités lithologiques principales ont été décrites de façon mégascopique et microscopique de même que les altérations et les minéralisations rencontrées. La géochimie de ces unités fut examinée rapidement et la composition chimique des minéraux présents fut déterminée à la microsonde électronique. Nous intégrerons maintenant ces observations pour avancer des hypothèses ou en confirmer d'autres déjà stipulées dans les paragraphes précédents.

7.1 ROCHE HÔTE DE LA MINÉRALISATION

On observe des phénocristaux et des reliquats de phénocristaux dans les fragments et la matrice de la brèche et dans l'éponte inférieure qui sont similaires à ceux observés dans les roches porphyriques de l'éponte supérieure. Ceci suggère que la zone de brèche et les volcanites biotitisées de l'éponte inférieure soient le résultat de l'altération des volcanites porphyriques intermédiaires de l'éponte supérieure. De plus, la correspondance des éléments "immobiles" comme le SiO_2 , le TiO_2 , l' Al_2O_3 et le Zr (diagramme isocon de Grant (1986) de la figure 9) entre ces quatre unités, renforce cette interprétation. Nous suggérons donc que les roches porphyriques intermédiaires de l'éponte supérieure soient le protolithe de la zone de brèche, de la roche métasomatique à biotite-amphibole et des roches biotitisées de l'éponte inférieure.

La minéralogie de l'éponte supérieure, lorsque celle-ci est considérée comme "fraîche" (texture porphyrique intacte, minéralisation et altération inexistantes ou faibles, foliation peu développée), se compose de quartz - oligoclase - biotite $\pm$ muscovite $\pm$ calcite $\pm$ chlorite $\pm$ épidote. Des phénocristaux de plagioclase, de 0,5 à 2 mm, y sont visibles. La présence de fragments de cristaux de plagioclases —notée par Simard (1987) dans les unités volcaniques du Groupe de Troïlus— suggère une origine volcanique plutôt qu'intrusive pour le protolithe de la Zone 87. Par contre, les unités volcano-sédimentaires de la région se présentent en assemblages stratifiés et répétitifs de grès, tufs et argilites, montrant un litage millimétrique à métrique (Simard, 1987). Ceci ne correspond pas avec les roches porphyriques observés près du gisement du Lac Troïlus. Si ces dernières sont volcanoclastiques, elles sont donc différentes des autres unités volcanoclastiques rencontrées dans le Groupe de Troïlus.

7.2 FACIÈS MÉTAMORPHIQUE

L'évaluation du faciès métamorphique à partir de la minéralogie de la roche hôte, étant donné sa composition chimique felsique à intermédiaire, constitue une action risquée. La présence de l'oligoclase et de la biotite suggère toutefois un métamorphisme de faciès amphibolite (Yardley, 1989). Étant donné le risque associé à cette interprétation, un échantillon dont la composition minéralogique s'apparente à celle d'une roche mafique (échantillon no. MM-90-03) a été utilisé pour évaluer le niveau métamorphique. Dans cet échantillon, la texture porphyrique est intacte et la foliation n'est pas fortement développée. La hornblende verte (15-20%) est le principal minéral mafique avec la biotite (1-2%) et la chlorite (1-2%). Cette dernière remplace faiblement l'amphibole. Les phénocristaux de feldspath sont faiblement remplacés par la muscovite et la calcite contrairement à l'éponte supérieure. Cet assemblage minéralogique (hornblende verte - plagioclase) s'apparente à celui du

faciès amphibolite (Yardley, 1989). Les résultats des analyses à la microsonde électronique sur cet échantillon indiquent que le plagioclase est l'andésine ($An_{>30}$) et que l'amphibole est une hornblende, ce qui confirme la présence d'un métamorphisme au faciès amphibolite. Pour les échantillons de la Zone 87, le géothermomètre de Blundy et Holland (1990) indique des températures élevées de 670-730°C à une pression de 400 MPa avec la paragenèse amphibole ($Si=6.91, 6.87, 6.86$) et plagioclase ($X_{Ab} = 0.64, 0.61, 0.78$). Ces températures, quoique compatibles avec celles de Mueller et al. (1991), sont trop élevées. L'équilibration incomplète du plagioclase avec l'amphibole peut entraîner des températures plus élevées (Blundy et Holland, 1990), comme c'est le cas pour ces échantillons. Le géothermomètre grenat-biotite de Ferry et Spear (1978) est utilisé sur deux grenats (Tableau 10) dont un (MM 90-71) provient de la zone d'altération en biotite alors que l'autre (MM 90-56) provient d'un échantillon hors du gisement, près de l'intrusion granitique du Lac Parker. Les valeurs obtenues hors de la Zone 87 varient de 430 à 615°C et de 430 à 600°C à l'intérieur de la Zone 87. Les plus hautes températures peuvent être attribuables au pic métamorphique (600°C) et les plus basses indiquent un événement rétrograde. Il est possible que cet événement rétrograde soit la mise en place du système hydrothermal ayant formé la Zone 87. Dans la zone de brèche, la présence de chlorite, remplaçant la biotite, l'amphibole et le grenat, suggère aussi un événement rétrograde. La composition albitique ($An_{<10}$) du plagioclase dans la zone de brèche par rapport une composition andésinitique à l'extérieur du gisement suggère une température plus basse au centre du gisement. Rappelons cependant que les variations de composition des feldspaths peuvent être causées par le lessivage du sodium tel que décrit au chapitre 6.

Pour la géobarométrie, aucun indicateur n'est disponible. L'évaluation des

conditions de pression lors du métamorphisme de faciès amphibolitique permet d'apprécier la profondeur à laquelle les assemblages minéralogiques observés se sont formés. En Australie, Mueller et al. (1991) rapportent des pressions de 400 ± 100 MPa accompagnées de températures variant de $655 \pm 30^\circ\text{C}$ à $670 \pm 50^\circ\text{C}$ pour un environnement tectonique analogue à celui du gisement du Lac Troilus. Avec un gradient de 33 m/MPa (Grambling, 1981), ceci correspond à une profondeur de 13 ± 3 km. Leurs échantillons sont situés à moins de 1 km du contact roches vertes-granitoïdes ce qui constitue un environnement comparable à celui du gisement du Lac Troilus. Par analogie, on devrait s'attendre à un intervalle de température et de pression légèrement plus bas pour le gisement du Lac Troilus, situé à 2,5 km du contact roches vertes - granitoïdes.

7.3 NATURE DE LA BRÈCHE

A partir des observations citées aux chapitres précédents sur les caractéristiques de la zone de brèche, nous suggérons que celle-ci soit le résultat de la circulation d'un fluide hydrothermal contrôlée par la présence de fractures discrètes (Figure 20). Parmi ces observations, on retrouve la géométrie des fragments, suggérant une fracturation passive sans libération d'énergie et la présence de phénocristaux de plagioclase dans la matrice de la brèche suggérant le remplacement de matériel porphyrique par les minéraux hydrothermaux. Par contre, l'altération et la déformation d'une brèche hydrothermale peuvent effacer la majorité de ses caractéristiques primaires.

Dans le modèle illustré par la figure 20, les épontes des fractures furent graduellement remplacées par la biotite, l'amphibole et plus tard par l'épidote, pour laisser des îlots non altérés dans les endroits les plus éloignés des fractures. Les

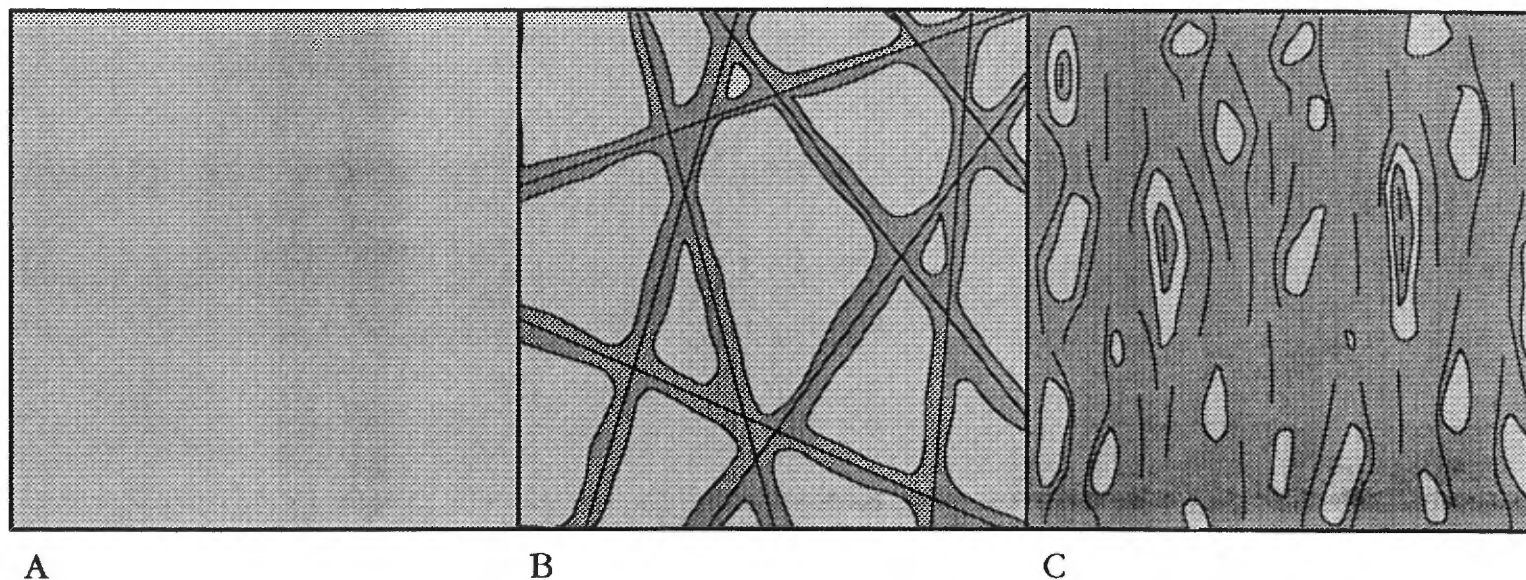


Figure 20. Représentation schématique de la formation de la zone de brèche. A) Volcanites porphyriques intermédiaires de l'éponte supérieure à l'état frais. B) Formation des fractures et début de l'altération des épontes. C) Altération avancée des épontes des fractures et déformation.

phénocristaux de plagioclase préservés dans la matrice et dans les fragments indiquent que la lithologie hôte puisse être les volcanites intermédiaires porphyriques observées dans l'éponte supérieure.

Si le passage des solutions est contrôlé par une perméabilité due à une grande porosité plutôt qu'à la présence de fractures, on devrait s'attendre à une altération diffuse. Ce type d'altération est visible dans l'éponte inférieure où la biotite est disséminée au lieu d'être concentrée dans les épontes des fractures.

La géométrie interne des fragments est problématique. La majorité des fragments montrent une albitisation complète et ils ne sont pas zonés. Par contre, les fragments les plus gros montrent une bordure albitisée et un centre biotitisé. La bordure est très peu foliée alors que le centre montre une bonne foliation, marquée par la biotite et les reliquats de phénocristaux de plagioclase. De plus, les phénocristaux de la bordure sont idiomorphes alors que ceux du centre sont altérés et anidiomorphes.

Le centre des fragments constitue le matériel initial ayant échappé au métasomatisme alors que la bordure des fragments représente le résultat final de l'altération de ce matériel. La formation de la bordure des fragments succède donc à l'étape de déformation ayant formé la foliation visible au centre de ceux-ci. Le métasomatisme (albitisation) aurait recristallisé les phénocristaux de plagioclase, ce qui rehausse la texture porphyrique de la bordure des fragments. Miyashiro (1973) rapporte l'existence de cristaux de plagioclase maclés d'origine secondaire (par déformation ou métasomatisme).

7.4 FACIÈS D'ALTÉRATION

L'établissement d'une géométrie des faciès d'altération dépend grandement de la distribution des informations disponibles sur ces faciès. Le peu de données

provenant de l'éponte inférieure du gisement nous indiquent un patron d'altération asymétrique. L'altération potassique augmente graduellement à partir de l'éponte supérieure, elle domine la partie centrale du gisement et se poursuit profondément dans l'éponte inférieure pour être oblitérée par le faciès à muscovite (phylliteux?). De la même façon, le peu de biotite présente dans les dykes felsiques est presque entièrement remplacée par la muscovite. Cette relation est bien illustrée par les agrégats de biotite remplacés par la muscovite.

La présence de biotite, d'amphibole et d'épidote en grandes quantités dans la zone de brèche et sa bonne correspondance avec la minéralisation aurifère et cuprifère suggère que ce site soit le foyer de la circulation des fluides. La roche métasomatique à biotite et amphibole se retrouve dans cette zone ce qui appuie cette interprétation. L'addition de potassium et de fer favorise la cristallisation de la biotite et de la hornblende dans la zone de brèche et de la biotite uniquement dans l'éponte inférieure. Cette différence minéralogique peut être expliquée par la perte importante de calcium dans l'éponte inférieure.

La présence de muscovite dans les dykes felsiques reflète probablement une carence initiale en magnésium, élément qui est "immobile" pendant le métasomatisme. Durant les premiers moments de l'altération potassique le peu de magnésium disponible dans les dykes felsiques (0,64%) est mobilisé pour former la biotite. Avec l'addition constante de potassium et le manque de magnésium pour former la biotite, on assiste à l'apparition de la muscovite. Ce type d'altération différentielle est observé dans les gisements porphyriques où les rhyolites montrent une altération en muscovite et les andésites sont altérées par la biotite (McMillan et Panteleyev, 1988). Une autre hypothèse suggère la superposition d'un faciès d'altération phylliteux (quartz-muscovite-pyrite) à un faciès potassique (biotite). Ce

type de remplacement est observé dans les gisements porphyriques (McMillan et Panteleyev, 1988), mais il ne montre pas de préférence lithologique. La muscovite qui remplace la biotite, loin dans l'éponte inférieure, est un meilleur exemple de faciès phylliteux. La relation entre ce type de roche et la Zone 87 est cependant difficile à établir.

L'épidote peut représenter le stade final d'altération (propylitique ?), superposé à l'altération potassique représentée par la biotite et l'amphibole. La présence d'albite avec l'épidote dans la zone de brèche suggère un faciès rétrograde par rapport au faciès potassique généralement associé avec l'oligoclase. D'un autre côté, l'épidote pourrait être d'origine métamorphique car il est stable au faciès amphibolite inférieur (Yardley, 1989) et la présence d'eau peut étendre sa stabilité à des températures plus élevées (Miyashiro, 1973).

La chlorite et la calcite observées autant dans la zone de brèche que dans l'éponte supérieure représentent probablement la dernière étape d'altération rétrograde. L'intensité de cette altération demeure faible dans tout le gisement à l'exception de quelques échantillons, situés dans l'éponte inférieure, montrant beaucoup de chlorite en remplacement de la biotite et de l'amphibole.

Plusieurs types de veinules, ayant des relations différentes avec la déformation, sont observés dans la Zone 87. Les veinules de sulfures et les veinules de quartz-sulfures-biotite-amphibole sont généralement alignées dans la foliation et souvent boudinées ce qui suggère une mise en place pré à syndéformation. Les veinules d'épidote±quartz±calcite recoupent la foliation et montrent des halos d'altération en muscovite intacts. Ces veinules sont probablement tardives et peut-être sans relation avec la minéralisation. Il est possible qu'elles représentent les effets d'une altération propylitique tardive associée à la mise en place du pluton du Lac Parker. D'autres

veinules, sans halo d'altération, contiennent uniquement des sulfures (pyrite-chalcopryrite) et recoupent toutes les structures connues. Il s'agit possiblement d'une remobilisation finale.

7.5 COMPOSITION DU FLUIDE

La nature hydratée des minéraux constituant la partie centrale du gisement indique le passage de solutions aqueuses et l'ajout de H₂O. La présence d'épidote dans les assemblages de la zone de brèche et l'absence de carbonates —minéral généralement associé à la minéralisation aurifère archéenne— implique une faible proportion de CO₂ lors de leur formation. (Couture et Guha, 1991; Miyashiro, 1973).

Les changements minéralogiques observés —apparition de la biotite, de l'amphibole et de l'épidote— implique une addition de fer et de potassium importante pour former ces minéraux à partir de la composition initiale du protolithe.

7.6 SYNCHRONISME ENTRE LES ÉVÉNEMENTS MAJEURS

La détermination du synchronisme entre les différents éléments géologiques de la Zone 87 influence grandement le choix d'un modèle génétique. La figure 21 montre le synchronisme suggéré pour la formation de la Zone 87. Cette figure résume les éléments apportés dans les sections 7.6. et 7.4.

7.6.1 FORMATION DE LA BRÈCHE

La fracturation est la première étape nécessaire à la formation de la brèche. Elle peut être antérieure au passage des solutions comme elle peut avoir été causée par la présence de ces dernières. De plus, la présence de ces fluides peut aussi améliorer la perméabilité du réseau de fractures. Par contre, aux profondeurs impliquées par le métamorphisme amphibolite (± 13 km), la bréchification hydraulique est peu probable. La fracturation doit précéder l'enfouissement à de telles profondeurs. La

formation de l'apparence bréchique selon le processus mentionné à l'item 7.3 est synchrone avec le passage des fluides dans les fractures déjà existantes. La formation de ces fractures, telle que discutée plus haut, précède probablement le métamorphisme amphibolite et peut être synchrone avec la fin de l'époque volcanique et le début de la déformation en général.

7.6.2 MISE EN PLACE DES DYKES FELSIQUES

Les dykes felsiques montrent une foliation bien développée qui indique l'effet d'une déformation. Par contre, leur excellente continuité latérale suggère une intensité de déformation plus faible que dans les volcanites encaissantes. Ceci peut s'expliquer par une résistance aux contraintes plus grande chez les dykes felsiques que chez leur encaissant ou par une mise en place postérieure à une portion de la déformation. La deuxième hypothèse est appuyée par le fait que l'attitude actuelle des dykes est parallèle au grain stratigraphique connu pour la région. Cette situation se conçoit bien si la mise en place de ceux-ci s'effectue après la phase de plissement donnant à la stratigraphie sa position actuelle. Si l'injection des dykes felsiques est antérieure à la phase de plissement responsable de l'attitude actuelle de la stratigraphie, ceux-ci se seraient mis en place sous forme de filon-couche. Par contre, la déformation importante observée dans la région n'élimine pas la possibilité d'une transposition complète de ces dykes empêchant l'interprétation de leur attitude primaire. Cependant, la possibilité que les dykes felsiques et volcanites porphyriques soient contemporains ne peut pas être écartée pour le moment. Une étude pétrologique et géochimique devra être réalisée pour vérifier ces observations.

La relation spatiale entre les dykes felsiques et la zone de brèche suggère une affinité entre ces deux éléments. Les travaux récents (Clark et al., 1990; Colvine et al. 1988) sur l'association spatiale entre les gisements aurifères filoniens archéens et les

intrusions felsiques ont montré un asynchronisme (≈ 20 Ma et jusqu'à 50 Ma) entre les deux événements. Ils auraient simplement emprunté les mêmes couloirs de faiblesses structurales et se retrouvent, du fait, aux mêmes endroits. C'est peut-être le cas de la Zone 87 où les fluides minéralisateurs et les magmas felsiques auraient circulé dans la même discontinuité structurale, en l'occurrence la zone de fracturation. Cependant, la possibilité que les fluides magmatiques et minéralisateurs soient parents ne peut pas être écartée pour le moment.

7.6.3 DÉFORMATION ET MÉTAMORPHISME

Dans un environnement tectonique complexe comme celui du gisement du lac Troïlus, on peut s'attendre à plusieurs phases de déformation. Simard (1987) propose que l'histoire tectonique de la région de Frotet-Troïlus soit dominée par des mouvements verticaux générés par la mise en place des granitoïdes bordiers. Plus récemment, Benn et al. (1992) et Sawyer et Benn (sous presse) suggèrent un modèle d'imbrication tectonique (duplexes) dans lequel la déformation observée au contact entre l'ensemble supracrustal allochtone et les granitoïdes bordiers serait contemporaine au métamorphisme amphibolitique que l'on y rencontre. L'alignement des minéraux métamorphiques (amphiboles et biotites situées à l'extérieur du gisement) dans la foliation régionale suggère en effet que l'époque principale de déformation soit synchrone avec le métamorphisme amphibolitique. La présence de grains d'amphibole orientés de façon aléatoire dans les ombres de pressions des fragments de la brèche indique une cristallisation synchrone avec l'époque de déformation ayant produit la foliation dominante. Si l'amphibole est d'origine métamorphique, ceci indique que le métamorphisme régional est synchrone avec la déformation produisant la foliation présente dans la brèche.

Le type d'informations disponible pour le moment (sondages aux diamants) ne

nous permet pas de définir plus en détail l'historique structurale de la Zone 87.

7.6.4 ALTÉRATION ET MÉTAMORPHISME

Le haut degré de variance de l'assemblage biotite-amphibole retrouvé dans l'unité métagénétique suggère une mise en place syn à tardi-métamorphique (Barnicoat et al., 1991; Groves et al., 1992; Mueller et Groves, 1991). Selon ces mêmes auteurs, la présence de paragenèses minéralogiques simples (monominéraliques ou biminéraliques) indique une formation contrôlée par des réactions fluide-roche dans un système ouvert. Dans un tel système, les éléments instables et mobiles sont libres de circuler. Les réactions chimiques convergent alors vers une simplification de la minéralogie de la roche hôte. À l'opposé, les réactions chimiques métamorphiques survenant en système fermé tendant vers une plus grande variété minéralogique pour accommoder la composition de la roche hôte.

Des exemples d'assemblages à faible variance sont observables à la mine Hemlo (Harris, 1986) où la minéralogie retrouvée dans les zones minéralisées est extrêmement variée et à la mine Big Bell (Chown et al., 1984; Phillips et De Nooy, 1988) en Australie. Ces deux gisements sont interprétés comme étant précurseurs du métamorphisme régional de niveau amphibolite moyen à supérieur. D'un autre côté, si les assemblages observés devancent le métamorphisme régional amphibolitique, il est possible qu'il ait résisté aux effets de ce dernier. En effet, les faciès potassiques et phylliteux possèdent une certaine résistance au métamorphisme (Richardson et al. 1986).

La présence de biotite, d'amphibole et d'épidote dans les veinules de quartz et de sulfures situées dans la zone de brèche suggère que ce sont des minéraux hydrothermaux plutôt que des minéraux métamorphiques (Couture et Guha, 1991).

Phillips (1990) suggère les critères suivants pour déterminer le synchronisme

entre le métamorphisme et le système minéralisateur:

1- Tel que discuté ci-dessus, les gisements prémétamorphiques pourraient être caractérisés par des assemblages à faible variance (minéralogie complexe). Certains assemblages de la Zone 87 montrent une variance élevée, ce qui ne semble pas compatible avec une origine prémétamorphique.

2- Les éléments structuraux (e.g. cisaillement, veines) peuvent être indicatifs d'une formation soit au faciès schistes verts soit au faciès amphibolite. Les textures minéralogiques classiques seraient moins déterminantes. La majorité de la minéralisation et des veinules de quartz dans la Zone 87 sont parallèles à la foliation. Les fragments sont étirés selon la linéation dominante. Des veinules de sulfures recoupant toutes les autres structures sont aussi visibles. L'absence de veines de quartz importantes et la nature de la brèche suggère une mise en place dans un environnement ductile avec un peu de remobilisation tardive.

3- La zonation de croissance des grenats (Mn) pourrait être un discriminant pour le synchronisme d'un intervalle métamorphique limité. Les grenats analysés (au nombre de deux) dans la Zone 87 ont tous une bordure plus riche en manganèse que le centre. Le grain de grenat analysé à l'extérieur du gisement est plus pauvre en spessartite et son centre est plus riche en manganèse que sa bordure. Cette observation suggère que le manganèse soit ajouté dans la zone minéralisée, ce qui est appuyé par la géochimie (voir figure 10). Couture et Guha (1990) ont observé une augmentation du MnO dans les zones minéralisées du gîte de la Rivière Eastmain, interprété comme étant synmétamorphique.

4- Les lamprophyres et les porphyres semblent communs dans les gisements prémétamorphique et non dans les gisements synmétamorphiques alors que les pegmatites y sont rencontrées. Quelques lamprophyres sont observés dans la Zone

87. La présence de dykes felsiques localement porphyriques est évidente et importante. Quelques dykes de pegmatite sont présents dans la Zone 87.

5- Une proportion calculée de $X(\text{CO}_2)$ d'environ 0,02 suggérerait un gisement prémétamorphique ayant subi une décarbonatation. Nous n'avons pas effectué de calculs thermodynamiques dans le cadre de cette étude mais la nature des assemblages observés ne suggère pas une proportion de CO_2 très élevée.

Finalement, Phillips (1990) note que plusieurs gisements situés dans les faciès métamorphiques amphibolite et granulite contiennent des niveaux significativement élevés de Bi, Cu, Mn, Ag, Pb et/ou Zn comparé à ceux du faciès schistes verts. La présence de cuivre, de zinc et d'argent de même que l'ajout de manganèse dans la Zone 87 correspond bien à cette situation.

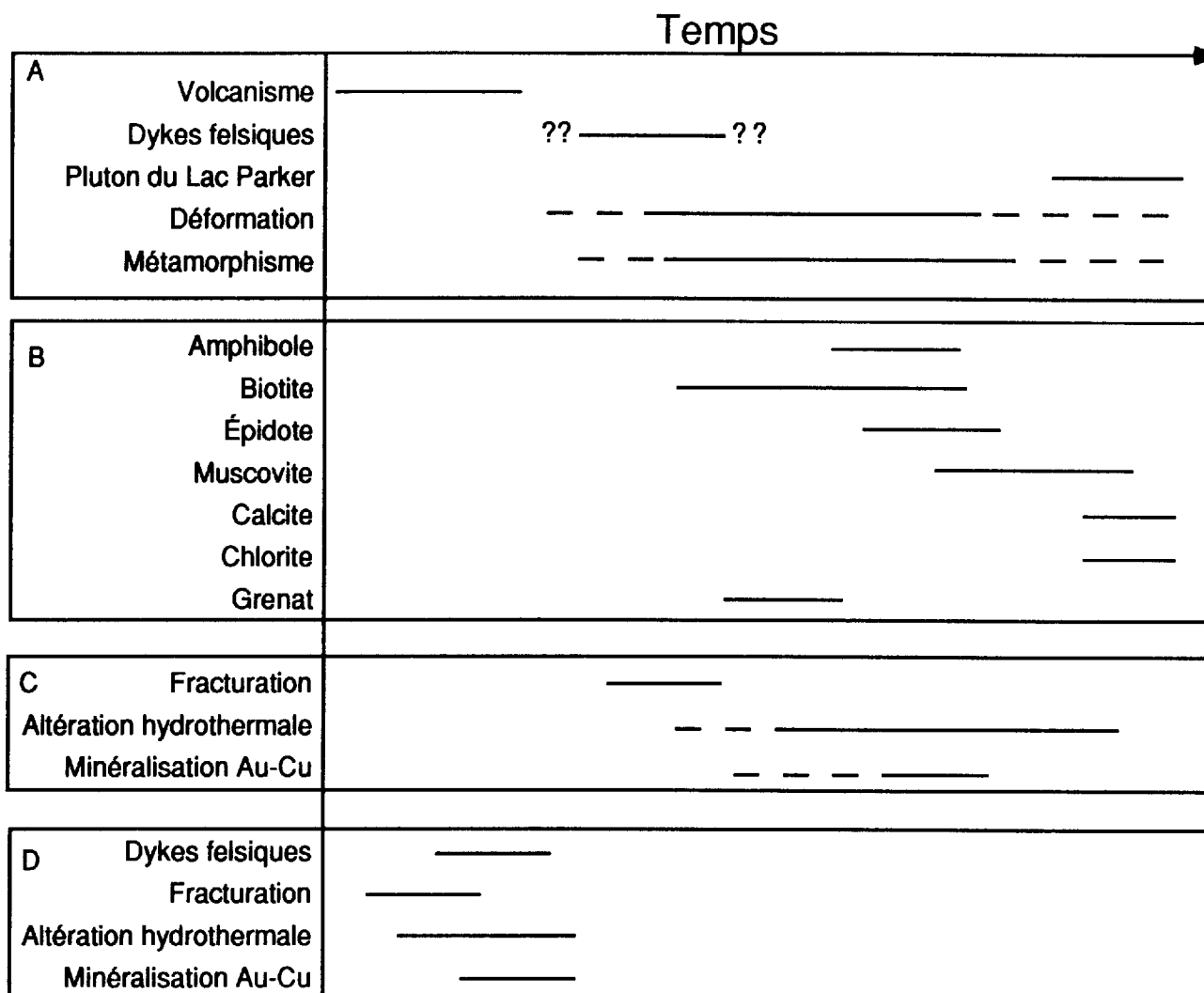


Figure 21. Synchronismes possible pour la formation de la Zone 87 A) Éléments géologiques B) Minéraux observés C) Modèle synmétamorphique D) Modèle porphyrique.

CHAPITRE 8

COMPARAISONS AVEC D'AUTRES MODÈLES

A la lumière des interprétations faites au chapitre précédent, nous les comparerons maintenant à deux modèles de gisement décrits dans la littérature. Dans un premier temps, nous regarderons les similitudes entre le gisement du Lac Troilus et les gisements porphyriques de types volcaniques. Par la suite, les caractéristiques de la Zone 87 seront confrontées à celles des gisements d'or filoniens "mésothermaux" situés au faciès métamorphique amphibolite. Le synchronisme entre le système hydrothermal minéralisateur et le pic métamorphique régional demeure le problème majeur suscité par les gisements situés au faciès amphibolite (Couture et Guha, 1990).

8.1 ZONE 87 VS SYSTÈMES PORPHYRIQUES VOLCANIQUES

De toutes les classes de gisements porphyriques, le modèle volcanique de Sutherland Brown (1976), montré à la figure 22, correspond le plus aux caractéristiques physiques de la Zone 87. La présence de dykes felsiques de puissance métrique à décamétrique et d'extension kilométrique, la zone de brèche fortement altérée, l'altération potassique associée à la minéralisation cuprifère et superposée par une altération propylitique et la nature porphyrique du protolithe sont autant de parallèles entre le gisement et le modèle porphyrique volcanique. Pour la Zone 87, les relations géométriques entre la minéralisation et les dykes felsiques suggèrent que ceux-ci aient joué un rôle de barrière physico-chimique. Il n'est cependant pas établi de relations génétiques entre les dykes felsiques et les fluides

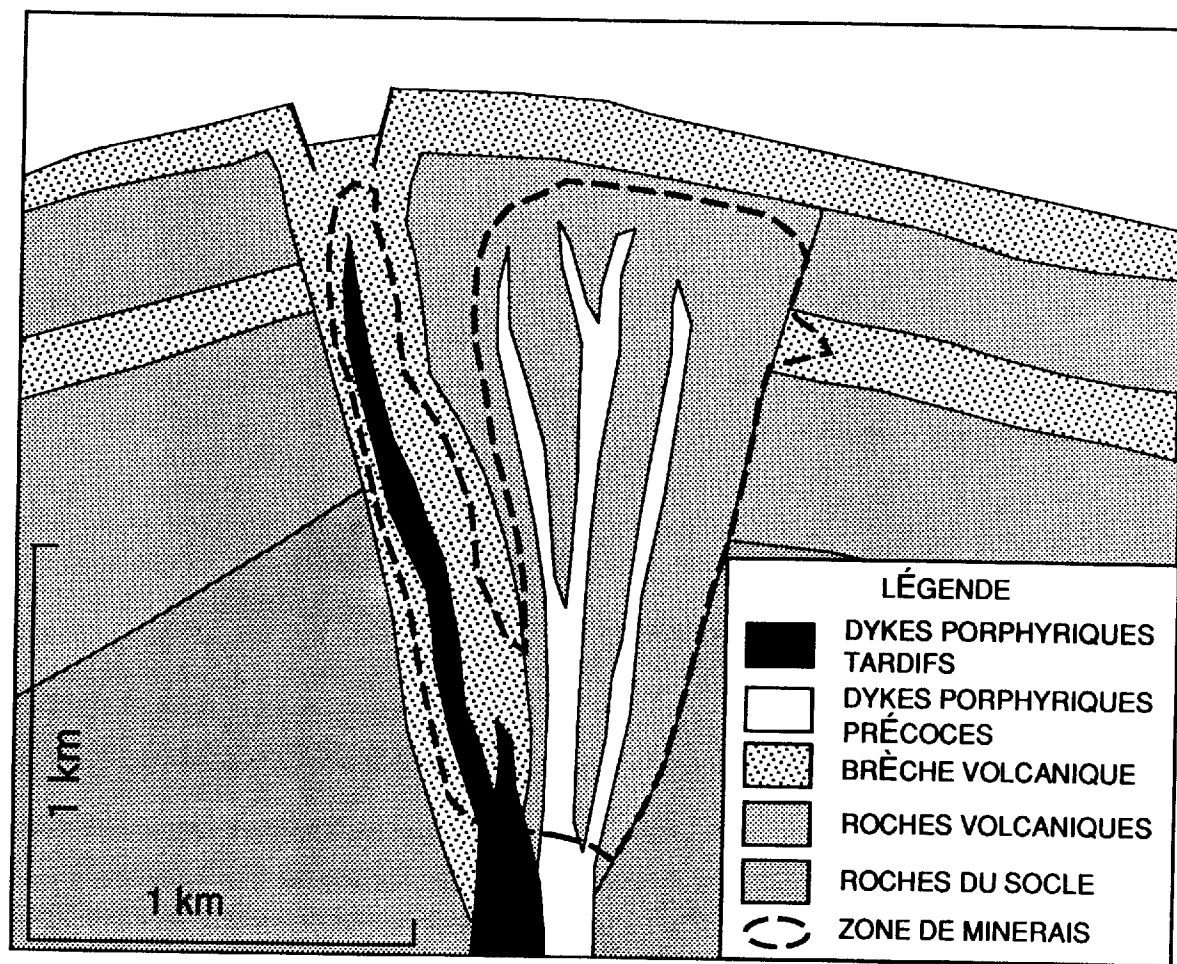


Figure 22. Modèle volcanique de Sutherland Brown (1976). Tiré de McMillan et Penteleyev (1988).

minéralisateurs.

La zonation de l'altération avec un centre potassique (biotite-amphibole), un faciès phylliteux (muscovite) possible dans les dykes felsiques et un faciès propylitique (épidote-chlorite-calcite) correspond bien au modèle porphyrique. Par contre, la présence d'épidote dans la portion centrale du gisement diverge de la zonation rencontrée dans les systèmes porphyriques. Dans ce cas, le faciès propylitique est situé en périphérie du faciès potassique tout en s'y superposant (McMillan et Panteleyev, 1988).

Les brèches présentes dans les systèmes porphyriques sont d'origine hydrothermale (fluides magmatiques), elles sont généralement altérées par des silicates de potassium et contiennent souvent des valeurs aurifères et cuprifères importantes (Sillitoe, 1990).

Les teneurs et tonnages en Au et Cu obtenus pour la Zone 87 sont du même ordre de grandeur que celles rapportées par Sillitoe (1990) pour les gisements Marte et Lobo au Chili (Au entre 1,4 g/t et 1,6 g/t; Cu entre 0,05 et 0,2%). Ces gisements sont situés dans des diorites calco-alcalines encaissées par des volcanites comagmatiques. La minéralisation en Au-Cu est associée à l'altération en potassium et on note la présence d'un faciès argileux avancé et de la magnétite/hématite en abondance (Sillitoe, 1990). Le faciès argileux et la magnétite/hématite sont absents de la Zone 87.

Les autres systèmes porphyriques riches en Au, rapportés par Sillitoe (1990) montrent des teneurs en Au plus basses que 1,2 g/t et en Cu plus élevées que 0,2%.

D'un autre côté, la nature ferrière de la biotite ne correspond pas aux observations faites dans les systèmes porphyriques. Les variations de composition chimique observées pour la Zone 87 —diminution de la proportion de phlogopite en fonction du degré d'altération— sont inverses par rapport à celles rapportées par

Beane (1974) et Jacobs et al. (1979) pour les systèmes porphyriques.

Le contenu en chlore des biotites de la Zone 87 ($<0.10\%$ Cl) ne correspond pas avec celui des biotites des systèmes porphyriques ($\pm 0.20\%$ Cl, Jacobs et al. 1979; Taner et al. 1986). Par contre, Roth et al. (1991) rapportent des biotites ayant moins que 0.10% Cl et provenant d'un gisement interprété comme un système porphyrique archéen (Boddington, Australie). Si effectivement, le gisement du Lac Troilus entre dans la classe des systèmes porphyres, il n'est pas évident que le contenu initial de chlore dans la biotite soit préservé lors du métamorphisme.

Ces différences entre la Zone 87 et le modèle volcanique de Sutherland Brown (1976) sont du même ordre que celles rencontrées entre les gisements appartenant à cette classe. Elles peuvent résulter des effets superposés du métamorphisme amphibolitique sur la minéralisation et l'altération de type porphyrique. Les conditions particulières présentes à l'archéen pourraient aussi produire des variations importantes.

Si le gisement du Lac Troilus est un gisement synvolcanique de type porphyrique, des gisements du même type pourraient exister dans les secteurs de la ceinture de Frotet-Troilus qui sont métamorphisés au faciès amphibolite. Ces gisements montreraient des variations morphologiques et minéralogiques causées par des niveaux structuraux différents (déformation et métamorphisme plus faibles).

8.2 ZONE 87 VS SYSTÈMES MÉSOTHERMAUX FILONIENS AMPHIBOLITIQUES

Le modèle utilisé ici sera considéré comme étant l'équivalent plus profond des gisements aurifères archéens de type filonien (Robert, 1990). Il ne s'agit pas ici de discuter de la validité de ce modèle mais plutôt de comparer le gisement du Lac Troilus avec les gisements utilisés pour l'élaboration de celui-ci. Ce modèle décrit par Groves et al. (1992) et montré par la figure 23, implique une continuité entre les

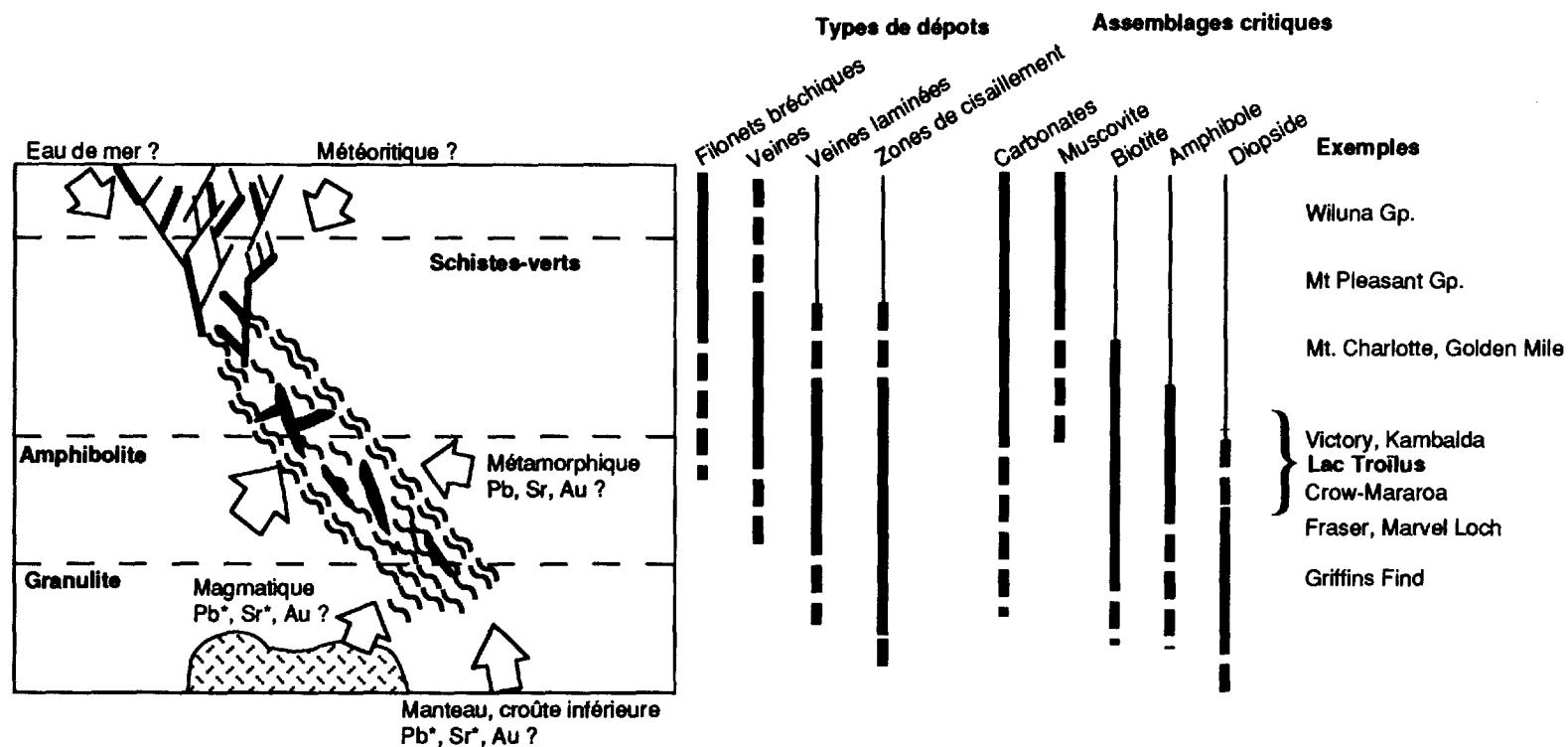


Figure 23. Section schématique d'un système hydrothermale complet montrant les types de minéralisation, les assemblages critiques, quelques exemples de gisements australiens et la position possible du gisement du lac Troilus. Tiré de Groves et al. (sous presse)

gisements des faciès granulite, amphibolite et schistes-verts. Avec l'augmentation de profondeur, la minéralogie de ces gisements passe de carbonate-muscovite-chlorite à carbonate-muscovite-biotite±albite à amphibole-biotite-plagioclase et finalement diopside-biotite±grenat. Les relations texturales et la haute variance thermodynamique indiquent que ce sont des assemblages de hautes pressions et températures dans un système ouvert) plutôt que des assemblages métamorphiques de basses pressions et températures en système fermé.

Pour la Zone 87, le faciès d'altération contenant la minéralisation est constitué de biotite-amphibole-épidote-plagioclase ce qui correspond bien à la suite décrite par Groves et al., (1992). L'unité métagénétique à biotite-amphibole±épidote constitue un bon exemple d'assemblage à haute variance thermodynamique.

L'absence de veines de quartz importantes peut être reliée à la mise en place plus profonde où la pression de confinement empêche la formation. D'un autre côté, si la roche hôte ne subit aucune carbonatation, il n'y a pas de libération de silice généralement associée avec ce type d'altération (Colvine et al., 1988) et la formation de veines de quartz est impossible.

Les gisements mésothermaux filoniens aurifères sont inévitablement associés à une zone de déformation (Colvine et al., 1988). Dans le cas de la Zone 87, il est difficile d'associer la position de la minéralisation avec un cisaillement particulier. Le gisement est plutôt inclus à l'intérieur d'un couloir de déformation kilométrique associé au contact roches vertes-granitoïdes. La foliation est certes plus importante dans la zone de brèche mais cette observation ne confirme pas de relation génétique entre la minéralisation et la déformation. Une zone altérée en biotite soumise à un stress développera une foliation plus importante que la roche encaissante fraîche. Quelques indices suggèrent que les assemblages minéralogiques observés dans la

brèche se soient formés pendant la phase de déformation qui a produit la foliation dominante. La présence de minéraux non-alignés dans les ombres de pression des fragments en est un exemple.

La présence de dykes felsiques ne correspond pas bien avec modèle de Groves et al., (1992) dans lequel la quantité de dykes felsiques diminue avec la profondeur pour faire place aux dykes de pegmatite. Ces dykes sont cependant visibles dans l'environnement immédiat du gisement.

L'addition de fer dans le faciès potassique constitue une différence importante entre la Zone 87 et les gisements filoniens aurifères (Colvine et al., 1988). Thomson (1986) rapporte l'addition de fer dans un gisement d'or situé au faciès amphibolite (Crixas, Brésil). Les pertes en sodium et les gains en potassium sont documentés dans plusieurs gisements du faciès amphibolite (Golding et Wilson, 1982; Thomson, 1991). Ces mêmes auteurs rapportent un gain en calcium ce qui est observé dans l'unité métasomatique alors que la zone de brèche et l'éponte inférieur montre des pertes en calcium.

La majorité des gisements du faciès amphibolite sont localisés dans des lithologies ultramafiques ou des formations de fer silicatées (Mueller et Groves, 1991). Ceci contraste fortement avec la composition rhyodacitique et rhyolitique des roches hôtes de la Zone 87.

Si le gisement du Lac Troilus est synchrone avec le développement du métamorphisme amphibolitique, on retrouvera des gisements similaires uniquement dans ces zones métamorphique. Ils seront absents des régions affectées uniquement par le métamorphisme du faciès schistes verts.

CHAPITRE 9

CONCLUSIONS

Dans le cadre de cette étude, les données pétrographiques, géochimiques et minéralogiques ont été intégrées aux connaissances déjà acquises sur la Zone 87 du gisement du lac Troïlus. Ceci dans le but de présenter un modèle descriptif utile à l'exploration minérale. Voici les conclusions principales de cette étude.

La présence de phénocristaux de plagioclase dans les unités altérées, de même que la correspondance des éléments immobiles indiquent que la roche hôte principale de la Zone 87 est une roche porphyrique de composition rhyodacitique. La nature volcanique ou intrusive de ces roches demeure incertaines. Des dykes, localement porphyriques et de composition rhyolitique, sont aussi hôtes de la minéralisation. Nous avons aussi remarqué l'influence des dykes felsiques sur la localisation de la minéralisation. Ceux-ci semblent faire office de barrières physico-chimiques sur lesquelles le fluide minéralisateur se bute et libère ses ions métalliques (Au, Cu, Fe, Ag, Zn, Ag). Cette relation est visible sur les figures 4 et 6. Ces observations suggèrent que les dykes felsiques soient le catalyseur de la précipitation des métaux alors que la zone de brèche joue le rôle de lieu de transport des fluides sans causer de déstabilisation. Toutes les unités furent métamorphisées au faciès amphibolite et montrent une foliation bien développée. Des données géothermométriques fragmentaires indiquent une température maximum d'environ 600°C.

La minéralisation en or et cuivre, disséminée et en veinules, est contenue dans une zone d'altération en biotite, amphibole et épidote montrant une texture fragmentaire (brèche) probablement produite par la circulation des fluides hydrothermaux dans un réseau de fractures. La pyrrhotite, la pyrite et la chalcopryrite sont les principaux sulfures observés dans la zone minéralisée. La pyrite est le sulfure dominant dans les dykes felsiques et à l'extérieur du gisement.

L'altération en biotite augmente progressivement à partir de l'éponte supérieure, vers la zone de brèche et elle se poursuit profondément dans l'éponte inférieure pour être localement oblitérée par une altération en muscovite. Dans les dykes felsiques, la biotite précoce est remplacée par la muscovite. La carence de magnésium dans les dykes felsiques favorise la cristallisation de la muscovite plutôt que de la biotite.

Des résultats géochimiques préliminaires indiquent que le fluide hydrothermal a ajouté du potassium, du fer, du manganèse, le barium, le chrome, le niobium et l'yttrium et lessivé le sodium, le calcium, phosphore et le strontium. Le calcium et le magnésium sont mobilisés vers les régions fortement métasomatisées. Les métaux que sont l'or, le cuivre, l'argent et le zinc sont tous fortement ajoutés. La silice, l'aluminium, le titane et le zirconium demeurent stables à l'échelle de l'échantillonnage.

L'analyse par microsonde électronique révèle que la plupart des minéraux montrent une zonation à l'échelle du gisement. La biotite (phlogopite), l'amphibole (hornblende) et la chlorite (ripidolites et pycnochlorites) sont plus ferrifères dans les zones altérées qu'à l'extérieur du gisement. Cette tendance s'accroît avec l'intensité de l'altération.

Si aucun aspect génétique n'est considéré, le gisement du lac Troilus peut être

ajouté aux Hemlo, Big Bell et autres, dans la catégorie descriptive des gisements aurifères situés au faciès métamorphique amphibolite. Cette catégorie comprend tous les gisements aurifères situés au faciès métamorphique amphibolite, sans égard à leur histoire génétique. Les éléments apportés par cette étude nous permettent d'aller plus loin dans l'interprétation de l'origine du gisement.

Le synchronisme entre la mise en place du système minéralisateur et le métamorphisme régional est déterminant dans l'élaboration d'un modèle génétique pour la Zone 87. Si le gisement du Lac Troilus est prémétamorphique, le modèle porphyrique volcanique (Sutherland Brown, 1976; McMillan et Panteleyev, 1988) peut être considéré comme celui expliquant le mieux les caractéristiques du gisement. Par contre, une mise en place syn à tardi-métamorphique sous un faciès métamorphique amphibolite (13 ± 3 km de profondeur), telle que proposée par cette étude, est incompatible avec un système porphyrique. On peut alors invoquer le modèle des gisements d'or filoniens du faciès amphibolitique (Groves et al., 1992; Mueller et Groves, 1991).

9.1 TRAVAUX SUGGÉRÉS

Conscient que les travaux réalisés dans le cadre de cette recherche sont insuffisants pour déterminer avec certitude l'histoire génétique complète du gisement du Lac Troilus, il est recommandé de poursuivre les recherches plus à fond dans les domaines suivants:

- Travailler sur la pétrographie et la géochimie des dykes felsiques. Cette recherche nécessite des analyses chimiques nouvelles qui proviendraient de dykes felsiques et de volcanites porphyrique très peu altérés. La possibilité d'un lien génétique entre ces deux types de roche serait l'élément visé par ces travaux. De nouvelles observations en ce sens raffinerait l'interprétation actuelle du

synchronisme de mise en place de ces dykes. De plus, une comparaison entre les dykes felsiques de la Zone 87 et les dykes felsiques rencontrés dans le secteur du nord du Lac Troilus serait souhaitable.

- Observer les relations entre la zone de brèche et les dykes. Les relations de recoupement entre la zone de brèche et les dykes felsiques, difficiles à observées en carottes de forage, apporteraient de nouveau éléments pour établir la chronologie de mise en place entre les dykes et la zone de brèche.

- Une étude géochronologique des dykes felsiques et des volcanites intermédiaire contribuerait à préciser les relations temporelles entre ces deux types de roches. De la même façon, la biotite de la zone de brèche pourrait être datée.

ANNEXE

RÉSULTATS DES ANALYSES

À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE

La composition chimiques des minéraux fut obtenue à l'aide de la microsonde électronique de l'université du Québec à Chicoutimi. Cette microsonde, de marque ARL, est équipée de quatres spectromètres variables et d'un détecteur à énergie dispersive de marque Tracor-Noran possédant une fenêtre au béryllium et une résolution de 143 eV. Le système de microanalyse TN-5500: Series II de Noran, gère la microsonde. Les analyses de silicates sont traitées par le programme de correction Bence-Albee (Bence et Albee 1968). Le faisceau d'électrons est accéléré à l'aide d'un voltage de 15 kV avec un courant de 20 nA. Le temps de comptage pour chacune des analyses est de 50 secondes.

L'échantillon MM 90-88 provient de la fosse creusée sur la ligne 136+00N et illustrée sur les figures 5, 6 et 7. Dans les tableaux qui suivent les abréviations suivantes sont utilisées.

H ₂ Oconst	- Eau de constitution calculée avec 100% - total
FeO	- Fer total
XMg	- Mg/(Mg+Fe)

Lame Mince	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 45.4	FR 20 45.4	FR 20 45.4	FR 20 45.4	FR 20 45.4	FR 20 45.4
# Forage	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20
Profondeur (m)	25,30	25,30	25,30	25,30	45,40	45,40	45,40	45,40	45,40	45,40
Minéral	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole
#Analyse	25.3-1-AMP	25.3-2-AMP	25.3-3-AMP	25.3-4-AMP	45.4-1-AMP	45.4-1-AMP	45.4-2-AMP	45.4-3-AMP	45.4-5-AMP	45.4-6-AMP
SiO ₂	44,43	45,63	45,31	43,24	41,93	43,35	43,06	46,32	42,56	53,98
TiO ₂	0,00	0,24	0,68	0,61	0,70	0,34	0,58	0,25	0,39	0,00
Al ₂ O ₃	9,87	8,80	9,93	10,34	12,00	10,24	10,66	8,64	11,81	0,48
FeO	18,55	17,50	18,86	19,61	21,80	21,02	20,68	19,39	21,10	17,96
MgO	10,46	11,05	9,37	9,01	8,03	9,03	8,47	10,66	8,43	12,82
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,28	0,34	0,18	0,52	0,00
CaO	11,94	11,42	11,57	11,18	11,23	11,51	11,43	11,41	11,64	12,20
Na ₂ O	1,48	1,29	1,12	2,08	1,42	1,24	1,15	1,18	1,22	0,17
K ₂ O	1,17	0,96	1,06	1,00	1,14	1,10	1,20	0,80	1,13	0,00
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,20	0,15	0,00	0,00	0,00
Total	97,90	96,89	97,90	97,07	98,68	98,31	97,72	98,83	98,80	97,61
H ₂ Oconst.	2,10	3,11	2,10	2,93	1,32	1,69	2,28	1,17	1,20	2,39
SI	6,65	6,84	6,78	6,59	6,31	6,52	6,52	6,82	6,36	7,94
ALiv	1,35	1,16	1,22	1,41	1,69	1,49	1,48	1,18	1,64	0,06
ALtot	1,74	1,55	1,75	1,86	2,13	1,81	1,90	1,50	2,08	0,08
ALvi	0,39	0,39	0,53	0,45	0,44	0,33	0,43	0,32	0,44	0,02
TI	0,00	0,03	0,08	0,07	0,08	0,04	0,07	0,03	0,04	0,00
FE3+	0,41	0,34	0,19	0,23	0,67	0,66	0,51	0,54	0,69	0,05
MG	2,33	2,47	2,09	2,05	1,80	2,02	1,91	2,34	1,88	2,81
FE2+	1,92	1,85	2,17	2,27	2,07	1,98	2,11	1,85	1,95	2,16
MN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,04	0,02	0,07	0,00
SUMFM	13,04	13,08	13,06	13,07	13,09	13,07	13,07	13,09	13,06	13,05
CA	1,91	1,83	1,86	1,83	1,81	1,85	1,86	1,80	1,86	1,92
NA-B(M4)	0,05	0,09	0,09	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,07	0,03
NAtot	0,43	0,38	0,33	0,62	0,41	0,36	0,34	0,34	0,35	0,05
NA-A	0,38	0,29	0,23	0,51	0,31	0,28	0,26	0,23	0,28	0,02
K	0,22	0,18	0,20	0,19	0,22	0,21	0,23	0,15	0,22	0,00
SUM-A	0,61	0,47	0,44	0,70	0,53	0,49	0,49	0,38	0,50	0,02
Mg/(Mg+Fe2+)	0,55	0,57	0,49	0,47	0,46	0,51	0,47	0,56	0,49	0,57
FE3/(FE3+FE2)	0,18	0,16	0,08	0,09	0,24	0,25	0,19	0,23	0,26	0,02
FE2/(FE2+MG)	0,45	0,43	0,51	0,53	0,54	0,50	0,53	0,44	0,51	0,43

Lame Mince	FR 20 45.4	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5
# Forage	KN-20	KN-24	KN-24	KN-24	KN-24	KN-24	KN-24	KN-24	KN-24
Profondeur (m)	45,40	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50
Minéral	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole
#Analyse	45.4-9-AMP	196.5-1-AMP	196.5-2-AMP	196.5-3-AMP	196.5-4-AMP	196.5-5-AMP	196.5-6-AMP	196.5-7-AMP	196.5-8-AMP
SiO2	53,15	42,64	43,21	41,78	41,66	41,83	44,39	46,49	40,07
TiO2	0,00	0,56	0,30	0,00	0,30	0,31	0,38	0,24	0,52
Al2O3	1,08	11,45	11,71	13,57	13,15	12,95	10,74	7,50	15,76
FeO	19,10	22,67	22,46	23,97	23,27	22,89	22,61	21,31	23,41
MgO	11,57	7,07	6,70	6,07	6,22	6,13	6,85	8,62	4,32
MnO	0,00	0,00	0,26	0,00	0,27	0,30	0,37	0,63	0,44
CaO	11,97	11,41	11,06	11,10	11,17	11,17	10,79	11,52	10,76
Na2O	0,43	1,10	1,10	1,15	1,01	1,38	0,83	1,07	1,38
K2O	0,06	1,11	1,26	1,54	1,41	1,36	1,05	0,88	1,04
Cr2O3	0,16	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,17	0,16	0,31
Total	97,52	98,01	98,06	99,41	98,46	98,32	98,18	98,42	98,01
H2Oconst.	2,48	1,99	1,94	0,59	1,54	1,68	1,82	1,58	1,99
SI	7,89	6,47	6,56	6,30	6,31	6,37	6,72	7,01	6,15
ALiv	0,11	1,53	1,44	1,70	1,69	1,63	1,28	1,00	1,85
ALtot	0,19	2,05	2,10	2,41	2,35	2,33	1,92	1,33	2,85
ALvi	0,08	0,52	0,66	0,71	0,66	0,70	0,63	0,34	1,00
TI	0,00	0,06	0,03	0,00	0,03	0,04	0,04	0,03	0,06
FE3+	0,05	0,49	0,36	0,58	0,59	0,37	0,37	0,27	0,37
MG	2,56	1,60	1,52	1,36	1,41	1,39	1,54	1,94	0,99
FE2+	2,32	2,39	2,49	2,44	2,37	2,54	2,49	2,41	2,63
MN	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,04	0,05	0,08	0,06
SUMFM	13,02	13,07	13,09	13,10	13,09	13,08	13,13	13,07	13,11
CA	1,91	1,86	1,80	1,79	1,81	1,82	1,75	1,86	1,77
NA-B(M4)	0,08	0,08	0,11	0,11	0,10	0,10	0,12	0,08	0,13
NAtot	0,12	0,32	0,32	0,34	0,30	0,41	0,24	0,31	0,41
NA-A	0,04	0,25	0,22	0,23	0,20	0,31	0,12	0,24	0,29
K	0,01	0,22	0,24	0,30	0,27	0,26	0,20	0,17	0,20
SUM-A	0,05	0,46	0,46	0,52	0,47	0,58	0,32	0,41	0,49
Mg/(Mg+Fe2+)	0,52	0,40	0,38	0,36	0,37	0,35	0,38	0,45	0,27
FE3/(FE3+FE2)	0,02	0,17	0,13	0,19	0,20	0,13	0,13	0,10	0,12
FE2/(FE2+MG)	0,48	0,60	0,62	0,64	0,63	0,65	0,62	0,56	0,73

Lame Mince	FR 24 196.5	FR 24 44.5	FR 24 44.5	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8
# Forage	KN-24	KN-24	KN-24	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur (m)	196,50	44,50	44,50	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8
Minéral	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole
#Analyse	196.5-9-AMP	44.5-1-AMP	44.5-2-AMP	23.8-0-AMP	23.8-1-AMP	23.8-2-AMP	23.8-3-AMP	23.8-4-AMP	23.8-5-AMP
SiO ₂	41,21	46,24	46,37	44,25	46,40	47,03	46,36	46,94	42,16
TiO ₂	0,28	0,36	0,56	0,50	0,43	0,45	0,21	0,29	0,54
Al ₂ O ₃	13,19	8,40	9,15	11,84	9,74	9,70	10,11	9,75	13,61
FeO	23,91	18,80	16,52	17,58	17,06	16,89	16,63	16,32	18,80
MgO	5,59	10,48	11,12	10,13	11,27	11,76	11,38	11,44	11,87
MnO	0,23	0,28	0,45	0,37	0,26	0,00	0,00	0,20	0,19
CaO	10,80	11,62	11,86	11,09	11,15	11,37	11,51	11,46	6,84
Na ₂ O	1,45	1,19	0,98	1,78	1,63	1,35	0,99	1,29	0,80
K ₂ O	1,26	0,67	0,72	0,27	0,22	0,18	0,23	0,28	3,08
Cr ₂ O ₃	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,16	0,14
Total	98,14	98,04	97,73	97,81	98,16	98,73	97,61	98,13	98,03
H ₂ Oconst.	1,86	1,96	2,27	2,19	1,84	1,27	2,39	1,87	1,97
SI	6,32	6,87	6,85	6,54	6,80	6,82	6,80	6,87	6,30
ALiv	1,68	1,13	1,15	1,46	1,20	1,18	1,21	1,14	1,70
ALtot	2,38	1,47	1,59	2,06	1,68	1,66	1,75	1,68	2,40
ALvi	0,70	0,34	0,45	0,61	0,48	0,47	0,54	0,55	0,70
TI	0,03	0,04	0,06	0,06	0,05	0,05	0,02	0,03	0,06
FE3+	0,48	0,40	0,29	0,44	0,40	0,45	0,50	0,33	0,32
MG	1,28	2,32	2,45	2,23	2,46	2,54	2,49	2,49	2,64
FE2+	2,58	1,93	1,75	1,73	1,69	1,60	1,54	1,67	2,03
MN	0,03	0,04	0,06	0,05	0,03	0,00	0,00	0,03	0,02
SUMFM	13,11	13,07	13,06	13,11	13,11	13,11	13,09	13,09	13,78
CA	1,77	1,85	1,88	1,76	1,75	1,77	1,81	1,80	1,10
NA-B(M4)	0,12	0,08	0,07	0,13	0,14	0,13	0,10	0,11	0,13
NAtot	0,43	0,34	0,28	0,51	0,46	0,38	0,28	0,37	0,23
NA-A	0,31	0,26	0,22	0,38	0,33	0,25	0,18	0,26	0,10
K	0,25	0,13	0,14	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,59
SUM-A	0,56	0,39	0,35	0,43	0,37	0,29	0,22	0,31	0,69
Mg/(Mg+Fe2+)	0,33	0,55	0,58	0,56	0,59	0,61	0,62	0,60	0,57
FE3/(FE3+FE2)	0,16	0,17	0,14	0,20	0,19	0,22	0,25	0,17	0,14
FE2/(FE2+MG)	0,67	0,45	0,42	0,44	0,41	0,39	0,38	0,40	0,44

Annexe 1. Analyses à la microsonde électronique pour les amphiboles. H₂O const= 100

Lame Mince	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8
# Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur (m)	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8
Minéral	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole
#Analyse	23.8-5A-AMP	23.8-6-AMP	23.8-7-AMP	23.8-8-AMP	23.8-9-AMP	23.8-10-AMP	23.8-11-AMP	23.8-12-AMP	23.8-13-AMP
SiO2	48,83	45,43	43,82	48,52	46,23	47,39	44,39	45,55	46,21
TiO2	0,31	0,45	0,40	0,45	0,44	0,58	0,49	0,50	0,69
Al2O3	8,16	11,64	13,42	7,95	10,69	9,45	13,35	11,88	11,03
FeO	15,39	17,65	18,34	16,16	16,85	17,45	17,54	17,28	17,19
MgO	12,70	10,33	9,61	12,28	10,63	11,5	10,21	10,88	10,79
MnO	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,27	0,29	0,15	0,17
CaO	12,00	11,08	11,46	11,85	11,49	10,89	11,12	11,25	11,63
Na2O	0,90	1,69	1,85	1,13	1,39	1,47	1,93	1,45	1,30
K2O	0,14	0,18	0,30	0,14	0,18	0,2	0,25	0,12	0,22
Cr2O3	0,00	0,11	0,00	0,00	0,19	0	0,00	0,00	0,00
Total	98,43	98,74	99,20	98,48	98,09	99,20	99,57	99,06	99,23
H2Oconst.	1,57	1,26	0,80	1,52	1,91	0,80	0,43	0,94	0,77
SI	7,05	6,64	6,40	7,04	6,79	6,85	6,43	6,59	6,70
ALiv	0,95	1,36	1,60	0,96	1,21	1,15	1,57	1,41	1,30
ALtot	1,39	2,00	2,31	1,36	1,85	1,61	2,28	2,03	1,88
ALvi	0,44	0,64	0,72	0,41	0,64	0,46	0,71	0,61	0,58
TI	0,03	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,08
FE3+	0,32	0,41	0,43	0,28	0,28	0,48	0,46	0,54	0,38
MG	2,73	2,25	2,09	2,66	2,33	2,48	2,20	2,35	2,33
FE2+	1,54	1,74	1,81	1,69	1,79	1,63	1,67	1,55	1,71
MN	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,02	0,02
SUMFM	13,07	13,12	13,10	13,07	13,08	13,14	13,13	13,12	13,09
CA	1,86	1,73	1,80	1,84	1,81	1,69	1,73	1,74	1,81
NA-B(M4)	0,08	0,15	0,11	0,08	0,11	0,18	0,15	0,14	0,10
NAtot	0,25	0,48	0,52	0,32	0,40	0,41	0,54	0,41	0,37
NA-A	0,18	0,33	0,41	0,23	0,28	0,23	0,40	0,27	0,26
K	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04
SUM-A	0,20	0,36	0,47	0,26	0,32	0,27	0,44	0,29	0,30
Mg/(Mg+Fe2+)	0,64	0,56	0,54	0,61	0,57	0,60	0,57	0,60	0,58
FE3/(FE3+FE2)	0,17	0,19	0,19	0,14	0,14	0,23	0,22	0,26	0,18
FE2/(FE2+MG)	0,36	0,44	0,46	0,39	0,44	0,40	0,43	0,40	0,42

-total.

Lame Mince	FR 26 23.8	FR 35 279.5	FR 35 279.5	FR 35 279.5	FR 35 279.5	FR 35 279.5	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03
# Forage	KN-26	KN-35	KN-35	KN-35	KN-35	KN-35	KN 74	KN 74	KN 74
Profondeur (m)	23.8	279,50	279,50	279,50	279,50	279,50	68,65	68,65	68,65
Minéral	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole
#Analyse	23.8-14-AMP	279.5-1-AMP	279.5-2-AMP	279.5-3-AMP	279.5-4-AMP	279.5-5-AMP	90-03-1-AMP	90-03-2-AMP	90-03-3-AMP
SiO2	43,38	45,84	47,06	48,15	46,19	47,17	47,05	46,99	47,14
TiO2	0,81	0,66	0,52	0,24	0,56	0,60	0,42	0,61	0,46
Al2O3	12,54	10,92	9,83	8,53	9,65	9,33	10,07	9,03	9,30
FeO	18,25	16,99	16,71	14,57	16,01	15,64	15,57	15,07	14,92
MgO	9,16	10,51	11,79	12,29	11,22	11,67	12,16	12,28	11,87
MnO	0,32	0,39	0,00	0,37	0,20	0,38	0,31	0,25	0,14
CaO	11,47	11,04	11,16	11,47	11,68	11,46	11,70	11,36	11,44
Na2O	1,56	1,64	1,07	1,12	1,66	1,13	1,25	1,36	1,51
K2O	0,38	0,35	0,33	0,23	0,35	0,35	0,22	0,25	0,33
Cr2O3	0,18	0,22	0,18	0,14	0,17	0,20	0,00	0,13	0,27
Total	98,05	98,56	98,65	97,11	97,69	97,93	98,75	97,33	97,38
H2Oconst.	1,95	1,44	1,35	2,89	2,31	2,07	1,25	2,67	2,62
SI	6,45	6,72	6,82	7,06	6,83	6,90	6,79	6,90	6,94
ALiv	1,55	1,29	1,18	0,94	1,17	1,10	1,21	1,10	1,06
ALtot	2,20	1,89	1,68	1,47	1,68	1,61	1,71	1,56	1,61
ALvi	0,65	0,60	0,50	0,53	0,51	0,51	0,51	0,46	0,55
TI	0,09	0,07	0,06	0,03	0,06	0,07	0,05	0,07	0,05
FE3+	0,38	0,35	0,50	0,25	0,19	0,30	0,42	0,32	0,20
MG	2,03	2,29	2,55	2,68	2,47	2,55	2,62	2,69	2,60
FE2+	1,89	1,74	1,53	1,53	1,80	1,61	1,46	1,53	1,64
MN	0,04	0,05	0,00	0,05	0,03	0,05	0,04	0,03	0,02
SUMFM	13,08	13,10	13,12	13,07	13,05	13,09	13,09	13,09	13,06
CA	1,83	1,73	1,73	1,80	1,85	1,80	1,81	1,79	1,80
NA-B(M4)	0,09	0,17	0,14	0,13	0,10	0,12	0,10	0,12	0,14
NAtot	0,45	0,47	0,30	0,32	0,48	0,32	0,35	0,39	0,43
NA-A	0,36	0,30	0,16	0,19	0,38	0,20	0,25	0,27	0,29
K	0,07	0,07	0,06	0,04	0,07	0,07	0,04	0,05	0,06
SUM-A	0,43	0,36	0,22	0,23	0,45	0,27	0,29	0,31	0,35
Mg/(Mg+Fe2+)	0,52	0,57	0,62	0,64	0,58	0,61	0,64	0,64	0,61
FE3/(FE3+FE2)	0,17	0,17	0,25	0,14	0,09	0,16	0,22	0,18	0,11
FE2/(FE2+MG)	0,48	0,43	0,38	0,36	0,42	0,39	0,36	0,36	0,39

Lame Mince	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88
# Forage	KN 74	KN 74	KN 74	KN 74	KN 74	KN 74	Fosse	Fosse	Fosse
Profondeur (m)	68,65	68,65	68,65	68,65	68,65	68,65			
Minéral	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole	Amphibole
#Analyse	90-03-4-AMP	90-03-5-AMP	90-03-6-AMP	90-03-7-AMP	90-03-8-AMP	90-03-9-AMP	90-88-0	90-88-0A	90-88-1-AMP
SiO2	47,48	45,08	47,51	47,27	47,45	48,19	46,93	48,99	47,73
TiO2	0,38	0,74	0,28	0,55	0,37	0,41	0,42	0,31	0,46
Al2O3	9,14	11,39	9,54	9,03	9,23	8,97	6,82	6,28	6,13
FeO	14,82	16,20	14,52	14,89	14,54	13,73	18,85	19,59	18,91
MgO	12,23	10,48	11,89	12,15	11,82	12,54	11,74	10,94	10,95
MnO	0,22	0,48	0,17	0,47	0,45	0,25	0,71	0,00	0,12
CaO	11,67	10,98	11,43	11,40	11,43	11,85	10,33	10,64	11,48
Na2O	0,99	1,09	1,13	1,25	1,02	1,15	0,52	0,86	0,99
K2O	0,23	0,37	0,32	0,30	0,24	0,26	0,54	0,72	0,47
Cr2O3	0,24	0,37	0,46	0,15	0,00	0,18	0,00	0,00	0,19
Total	97,40	97,18	97,25	97,46	96,55	97,53	96,86	98,33	97,43
H2Oconst.	2,60	2,82	2,75	2,54	3,45	2,47	3,14	1,67	2,57
SI	6,95	6,67	6,98	6,93	6,99	7,03	6,99	7,23	7,13
ALiv	1,05	1,33	1,02	1,07	1,01	0,97	1,01	0,78	0,87
ALtot	1,58	1,99	1,65	1,56	1,60	1,54	1,20	1,09	1,08
ALvi	0,53	0,66	0,63	0,49	0,59	0,57	0,19	0,32	0,21
TI	0,04	0,08	0,03	0,06	0,04	0,05	0,05	0,03	0,05
FE3+	0,30	0,41	0,23	0,30	0,25	0,15	0,63	0,30	0,36
MG	2,67	2,31	2,60	2,65	2,59	2,73	2,61	2,40	2,44
FE2+	1,52	1,59	1,56	1,52	1,54	1,52	1,72	2,11	2,01
MN	0,03	0,06	0,02	0,06	0,06	0,03	0,09	0,00	0,02
SUMFM	13,08	13,12	13,06	13,09	13,07	13,04	13,28	13,17	13,08
CA	1,83	1,74	1,80	1,79	1,80	1,85	1,65	1,68	1,84
NA-B(M4)	0,09	0,14	0,14	0,13	0,13	0,11	0,08	0,15	0,09
NAtot	0,28	0,31	0,32	0,36	0,29	0,33	0,15	0,25	0,29
NA-A	0,19	0,17	0,18	0,23	0,17	0,22	0,08	0,10	0,20
K	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,10	0,14	0,09
SUM-A	0,23	0,24	0,24	0,29	0,21	0,27	0,18	0,23	0,29
Mg/(Mg+Fe2+)	0,64	0,59	0,63	0,64	0,63	0,64	0,60	0,53	0,55
FE3/(FE3+FE2)	0,16	0,21	0,13	0,17	0,14	0,09	0,27	0,13	0,15
FE2/(FE2+MG)	0,36	0,41	0,37	0,37	0,37	0,36	0,40	0,47	0,45

Lame Mince	MM 90-88
# Forage	Fosse
Profondeur (m)	
Minéral	Amphibole
#Analyse	90-88-2-AMP
SiO ₂	45,95
TiO ₂	0,45
Al ₂ O ₃	7,91
FeO	19,85
MgO	9,78
MnO	0,25
CaO	11,73
Na ₂ O	0,89
K ₂ O	0,70
Cr ₂ O ₃	0,00
Total	97,51
H ₂ Oconst.	2,49
SI	6,89
ALiv	1,11
ALtot	1,40
ALvi	0,29
TI	0,05
FE ₃ +	0,44
MG	2,19
FE ₂ +	2,05
MN	0,03
SUMFM	13,05
CA	1,89
NA-B(M4)	0,06
NAtot	0,26
NA-A	0,20
K	0,13
SUM-A	0,33
Mg/(Mg+Fe ₂ +))	0,52
FE ₃ /(FE ₃ +FE ₂)	0,18
FE ₂ /(FE ₂ +MG)	0,48

Lame Mince	FR 12 18.8	FR 12 18.8	FR 12 18.8	FR 12 18.8	FR 12 18.8	FR 12 18.8	FR 12 18.8	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 45.4
# Forage	FR 12	FR 12	FR 12	FR 12	FR 12	FR 12	FR 12	Fr 20	Fr 20	Fr 20	Fr 20	FR 20
Profondeur (m)	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	25,30	25,30	25,30	25,30	45,40
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	18.8-4-BIO	18.8-5-BIO	18.8-7-BIO	18.8-8-BIO	18.8-9-BIO	18.8-10-BIO	18.8-14-BIO	25.3-1-BIO	25.3-2-BIO	25.3-3-BIO	25.3-4-BIO	45.4-1-BIO
SiO ₂	34,68	34,38	35,17	36,29	36,60	35,32	36,03	36,43	37,78	36,96	36,92	36,11
TiO ₂	1,97	2,10	2,05	1,87	1,68	1,49	1,98	1,92	1,87	1,66	1,56	1,79
Al ₂ O ₃	18,36	17,47	18,03	18,42	17,76	19,09	18,25	16,10	16,30	16,15	15,90	15,13
FeO	22,71	24,31	22,59	21,40	20,99	22,08	22,89	19,82	20,71	19,88	22,06	23,17
MgO	7,95	8,54	8,45	9,01	9,20	8,74	7,48	10,94	11,22	11,18	10,39	9,51
MnO	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
CaO	0,20	0,00	0,14	0,20	0,16	0,18	0,20	0,34	0,00	0,41	0,00	0,00
Na ₂ O	0,43	0,32	0,26	0,00	0,38	0,31	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	8,95	8,15	9,29	9,83	9,52	9,48	9,81	9,91	9,86	9,89	9,94	9,65
Cr ₂ O ₃	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl								0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	95,25	95,46	96,12	97,02	96,29	96,69	96,91	95,46	97,74	96,13	96,77	95,61
H ₂ Oconst.	4,75	4,54	3,88	2,98	3,71	3,31	3,09	4,54	2,26	3,87	3,23	4,39
Si	5,38	5,33	5,45	5,63	5,67	5,47	5,58	5,58	5,78	5,66	5,65	5,61
Ti	0,23	0,24	0,24	0,22	0,20	0,17	0,23	0,22	0,22	0,19	0,18	0,21
Al	3,35	3,19	3,29	3,36	3,24	3,49	3,33	2,90	2,94	2,91	2,87	2,77
Fe	2,94	3,15	2,93	2,77	2,72	2,86	2,97	2,54	2,65	2,54	2,82	3,01
Mg	1,84	1,97	1,95	2,08	2,12	2,02	1,73	2,49	2,56	2,55	2,37	2,20
Mn	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Ca	0,03	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,00	0,06	0,00	0,00
Na	0,13	0,10	0,08	0,00	0,11	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	1,77	1,61	1,84	1,94	1,88	1,87	1,94	1,93	1,92	1,93	1,94	1,91
Cr	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,38	0,38	0,40	0,43	0,44	0,41	0,37	0,50	0,49	0,50	0,46	0,42
Mg/Fe	0,62	0,63	0,67	0,75	0,78	0,71	0,58	0,98	0,97	1,00	0,84	0,73
Stoéchiométrie												
Si-Al	8,73	8,52	8,74	8,99	8,92	8,96	8,92	8,48	8,72	8,57	8,52	8,38
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	5,74	5,89	5,88	6,06	5,96	6,01	5,84	5,73	6,15	5,85	5,89	5,84
Ca+Na+K	1,93	1,71	1,94	1,98	2,02	2,00	2,02	1,99	1,92	2,00	1,94	1,91
Total:	15,67	15,59	15,82	16,04	15,98	16,01	15,86	15,72	16,07	15,85	15,83	15,75

Lame Mince	FR 20 45.4	FR 20 45.4	FR 20 45.4	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 196.5	FR 24 44.5
# Forage	FR 20	FR 20	FR 20	FR 24	FR 24	FR 24	FR 24	FR 24	FR 24	FR 24	FR 24
Profondeur (m)	45,40	45,40	45,40	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50	196,50	44,50
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	45.4-2-BIO	45.4-2-BIO	45.4-4-BIO	196.5-1-BIO	196.5-2-BIO	196.5-3-BIO	196.5-4-BIO	196.5-5-BIO	196.5-6-BIO	196.5-7-BIO	44.5-1-BIO
SiO2	35,82	36,51	36,92	34,62	34,95	35,50	34,21	34,29	35,21	35,04	36,16
TiO2	1,36	1,32	1,56	0,93	0,90	0,98	1,35	1,42	1,33	1,08	0,96
Al2O3	15,56	15,24	15,90	17,52	17,55	17,15	17,74	17,19	17,23	17,26	16,97
FeO	25,33	23,90	22,06	24,89	24,96	24,28	24,43	24,38	23,72	24,96	18,42
MgO	9,00	9,53	10,39	8,64	9,10	8,59	8,04	7,37	7,59	8,19	12,68
MnO	0,21	0,00	0,00	0,37	0,22	0,43	0,00	0,44	0,37	0,00	0,29
CaO	0,20	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na2O	0,32	0,32	0,00	0,28	0,00	0,14	0,57	0,00	0,25	0,00	0,00
K2O	9,70	9,83	9,94	9,15	9,43	10,33	9,52	10,17	9,97	9,86	9,81
Cr2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,23	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,11	0,06	0,00	0,00	0,00
Total	97,50	96,76	96,77	96,40	97,19	97,40	96,14	95,32	95,90	96,39	95,48
H2Oconst.	2,50	3,24	3,23	3,60	2,81	2,60	3,86	4,68	4,10	3,61	4,52
Si	5,57	5,67	5,74	5,38	5,43	5,51	5,31	5,32	5,47	5,44	5,50
Ti	0,16	0,15	0,18	0,11	0,11	0,11	0,16	0,17	0,16	0,13	0,11
Al	2,85	2,79	2,91	3,21	3,21	3,14	3,25	3,14	3,15	3,16	3,04
Fe	3,29	3,11	2,87	3,23	3,24	3,15	3,17	3,16	3,08	3,24	2,34
Mg	2,08	2,21	2,41	2,00	2,10	1,99	1,86	1,70	1,76	1,89	2,87
Mn	0,03	0,00	0,00	0,05	0,03	0,06	0,00	0,06	0,05	0,00	0,04
Ca	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,10	0,10	0,00	0,04	0,00	0,02	0,09	0,00	0,04	0,00	0,00
K	1,92	1,95	1,97	1,81	1,87	2,05	1,88	2,01	1,97	1,95	1,90
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,39	0,42	0,46	0,38	0,39	0,38	0,37	0,35	0,36	0,37	0,55
Mg/Fe	0,63	0,71	0,84	0,62	0,65	0,63	0,59	0,54	0,57	0,58	1,23
Stoéchiométrie											
Si-Al	8,42	8,47	8,65	8,58	8,64	8,65	8,56	8,47	8,62	8,60	8,54
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	5,98	5,93	6,10	5,97	6,11	5,96	5,74	5,56	5,66	5,86	5,91
Ca+Na+K	2,05	2,06	1,97	1,85	1,87	2,07	1,97	2,01	2,01	1,95	1,91
Total:	16,03	15,99	16,07	15,82	15,98	16,02	15,71	15,57	15,67	15,81	15,82

Lame Mince	FR 24 44.5	FR 24 44.5	FR 24 44.5	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8
# Forage	FR 24	FR 24	FR 24	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26
Profondeur (m)	44,50	44,50	44,50	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	44.5-2-BIO	44.5-3-BIO	44.5-4-BIO	192.8-1-BIO	192.8-2-BIO	192.8-3-BIO	192.8-4-BIO	192.8-5-BIO	192.8-6-BIO	192.8-7-BIO	192.8-8-BIO	192.8-9-BIO
SiO ₂	36,75	37,24	36,74	35,18	35,89	35,60	36,10	35,78	35,45	35,80	34,99	35,84
TiO ₂	1,15	0,93	1,16	1,76	1,86	1,92	1,57	1,85	1,71	1,92	1,75	2,02
Al ₂ O ₃	16,58	16,75	16,85	17,46	17,36	17,32	17,52	17,69	17,81	17,74	16,73	17,28
FeO	18,49	17,72	18,70	21,92	21,75	22,38	21,58	21,71	22,63	21,63	21,82	22,04
MgO	12,93	12,18	12,91	9,48	9,59	9,46	9,22	9,44	9,43	9,20	9,08	9,38
MnO	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,19	0,00	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23	0,34	0,18	0,00	0,34	0,00	0,00	0,11
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,30	0,31	0,17	0,30	0,00	0,20	0,54	0,30	0,18
K ₂ O	10,30	10,29	9,60	9,82	9,56	9,43	9,64	9,44	9,47	9,42	9,67	9,84
Cr ₂ O ₃	0,00	0,05	0,06	0,31	0,18	0,22	0,00	0,11	0,23	0,00	0,21	0,18
Cl				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	96,35	95,36	96,02	96,46	96,73	96,84	96,11	96,30	97,27	96,44	94,55	96,87
H ₂ Oconst.	3,65	4,64	3,98	3,54	3,27	3,16	3,89	3,70	2,73	3,56	5,45	3,13
Si	5,59	5,67	5,59	5,39	5,50	5,46	5,54	5,49	5,44	5,49	5,37	5,50
Ti	0,13	0,11	0,13	0,20	0,21	0,22	0,18	0,21	0,20	0,22	0,20	0,23
Al	2,97	3,00	3,02	3,15	3,14	3,13	3,17	3,20	3,22	3,21	3,02	3,12
Fe	2,35	2,25	2,38	2,81	2,79	2,87	2,77	2,78	2,90	2,77	2,80	2,83
Mg	2,93	2,76	2,93	2,17	2,19	2,16	2,11	2,16	2,15	2,10	2,07	2,14
Mn	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,05	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02
Na	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,03	0,04	0,00	0,03	0,08	0,04	0,03
K	2,00	2,00	1,86	1,92	1,87	1,84	1,88	1,85	1,85	1,84	1,89	1,92
Cr	0,00	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03	0,00	0,01	0,03	0,00	0,03	0,02
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,55	0,55	0,55	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Mg/Fe	1,25	1,22	1,23	0,77	0,79	0,75	0,76	0,77	0,74	0,76	0,74	0,76
Stoéchiométrie												
Si-Al	8,56	8,67	8,61	8,55	8,64	8,59	8,70	8,68	8,65	8,70	8,39	8,62
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	5,98	5,81	6,05	5,73	5,83	5,84	5,75	5,87	5,91	5,82	5,46	5,82
Ca+Na+K	2,01	2,00	1,86	2,00	1,95	1,92	1,96	1,85	1,94	1,92	1,94	1,97
Total:	15,98	15,81	15,91	15,73	15,79	15,76	15,71	15,72	15,84	15,74	15,40	15,79

Lame Mince	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 23.8
# Forage	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26
Profondeur (m)	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	23,80
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	192.8-10-BIO	192.8-11-BIO	192.8-12-BIO	192.8-13-BIO	192.8-14-BIO	192.8-15-BIO	192.8-16-BIO	192.8-17-BIO	192.8-18-BIO	192.8-19-BIO	23.8-1-BIO
SiO ₂	35,80	35,56	35,04	35,97	35,18	35,28	35,29	35,48	36,07	35,89	36,92
TiO ₂	2,10	1,84	1,71	1,71	1,94	1,83	1,53	1,92	1,86	1,68	1,51
Al ₂ O ₃	17,58	17,67	17,05	17,90	17,80	17,64	17,73	17,39	17,51	17,93	16,35
FeO	22,52	21,47	22,42	22,36	22,11	21,99	22,45	21,41	22,30	21,10	18,73
MgO	9,86	9,65	9,29	9,88	9,39	9,72	9,73	9,66	9,13	9,40	11,43
MnO	0,19	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,17	0,00
CaO	0,28	0,09	0,12	0,27	0,15	0,00	0,17	0,26	0,10	0,13	0,26
Na ₂ O	0,00	0,19	0,00	0,32	0,42	0,60	0,28	0,29	0,52	0,39	0,22
K ₂ O	9,68	9,80	8,99	9,59	9,95	9,68	9,03	9,65	9,89	9,60	9,72
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,17
Cl	0,00	0,19	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	98,01	96,61	94,77	98,00	97,09	96,74	96,21	96,45	97,38	96,29	95,31
H ₂ Oconst.	1,99	3,39	5,23	2,00	2,91	3,26	3,79	3,55	2,62	3,71	4,69
Si	5,49	5,45	5,37	5,52	5,39	5,41	5,41	5,44	5,53	5,50	5,62
Ti	0,24	0,21	0,20	0,20	0,22	0,21	0,18	0,22	0,21	0,19	0,17
Al	3,18	3,19	3,08	3,23	3,22	3,19	3,20	3,14	3,16	3,24	2,93
Fe	2,89	2,75	2,87	2,87	2,83	2,82	2,88	2,74	2,86	2,70	2,38
Mg	2,25	2,20	2,12	2,26	2,14	2,22	2,22	2,21	2,09	2,15	2,59
Mn	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
Ca	0,04	0,01	0,02	0,04	0,02	0,00	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04
Na	0,00	0,03	0,00	0,05	0,06	0,09	0,04	0,04	0,08	0,06	0,06
K	1,89	1,92	1,76	1,88	1,95	1,89	1,77	1,89	1,93	1,88	1,89
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,44	0,44	0,42	0,44	0,43	0,44	0,44	0,44	0,42	0,44	0,52
Mg/Fe	0,78	0,80	0,74	0,79	0,76	0,79	0,77	0,80	0,73	0,79	1,09
Stoéchiométrie											
Si-Al	8,67	8,65	8,45	8,75	8,61	8,60	8,62	8,58	8,70	8,74	8,55
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	6,07	5,83	5,65	6,07	5,81	5,85	5,89	5,78	5,85	5,81	5,70
Ca+Na+K	1,94	1,96	1,78	1,97	2,03	1,98	1,83	1,97	2,03	1,96	1,99
Total:	16,01	15,79	15,42	16,04	15,85	15,83	15,73	15,75	15,88	15,77	15,69

Lame Mince	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8
# Forage	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26
Profondeur (m)	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	23.8-2-BIO	23.8-3-BIO	23.8-4-BIO	23.8-5-BIO	23.8-6-BIO	94.8-1-BIO	94.8-2-BIO	94.8-3-BIO	94.8-3-BIO	94.8-4-BIO	94.8-5-BIO	94.8-6-BIO
SiO ₂	37,30	37,48	37,65	37,41	36,97	34,86	37,41	36,27	36,52	37,19	37,38	36,80
TiO ₂	1,46	1,54	1,81	1,47	1,50	1,90	2,59	1,82	2,00	2,48	2,08	1,80
Al ₂ O ₃	17,41	16,72	16,23	16,68	15,88	17,23	17,33	17,81	17,14	16,69	16,75	16,68
FeO	19,17	18,30	18,96	19,00	18,85	20,62	20,08	21,60	21,32	21,04	19,91	20,68
MgO	12,00	11,48	11,02	11,53	10,96	11,29	10,85	12,04	10,89	10,17	10,45	10,19
MnO	0,14	0,00	0,23	0,14	0,15	0,22	0,36	0,39	0,14	0,00	0,21	0,32
CaO	0,26	0,19	0,24	0,15	0,14	0,16	0,28	0,26	0,25	0,26	0,24	0,23
Na ₂ O	0,30	0,16	0,24	0,57	0,38	0,32	0,56	0,33	0,15	0,15	0,32	0,23
K ₂ O	9,49	10,06	9,73	9,89	9,79	8,45	9,85	8,43	9,40	9,95	10,10	10,34
Cr ₂ O ₃	0,21	0,17	0,00	0,00	0,35	0,15	0,00	0,12	0,17	0,19	0,00	0,11
Cl												
Total	97,74	96,10	96,11	96,84	94,97	95,20	99,31	99,07	97,98	98,12	97,44	97,38
H ₂ Oconst.	2,26	3,90	3,89	3,16	5,03	4,80	0,69	0,93	2,02	1,88	2,56	2,62
Si	5,68	5,70	5,73	5,69	5,63	5,35	5,74	5,57	5,61	5,71	5,74	5,65
Ti	0,17	0,18	0,21	0,17	0,17	0,22	0,30	0,21	0,23	0,29	0,24	0,21
Al	3,12	3,00	2,91	2,99	2,85	3,12	3,13	3,22	3,10	3,02	3,03	3,02
Fe	2,44	2,33	2,41	2,42	2,40	2,65	2,58	2,77	2,74	2,70	2,55	2,65
Mg	2,72	2,60	2,50	2,61	2,48	2,58	2,48	2,75	2,49	2,33	2,39	2,33
Mn	0,02	0,00	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,02	0,00	0,03	0,04
Ca	0,04	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Na	0,09	0,05	0,07	0,17	0,11	0,10	0,17	0,10	0,04	0,04	0,10	0,07
K	1,84	1,95	1,89	1,92	1,90	1,65	1,93	1,65	1,84	1,95	1,98	2,02
Cr	0,03	0,02	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,53	0,53	0,51	0,52	0,51	0,49	0,49	0,49	0,47	0,46	0,48	0,46
Mg/Fe	1,12	1,12	1,04	1,08	1,04	0,98	0,96	0,99	0,91	0,86	0,94	0,88
Stoéchiométrie												
Si-Al	8,80	8,70	8,64	8,68	8,47	8,47	8,88	8,79	8,71	8,73	8,77	8,67
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	6,14	5,81	5,79	5,90	5,55	5,94	6,28	6,58	6,18	6,04	5,98	5,90
Ca+Na+K	1,97	2,03	2,00	2,11	2,03	1,77	2,14	1,79	1,92	2,03	2,11	2,13
Total:	16,11	15,84	15,78	16,01	15,58	15,72	16,42	16,36	16,11	16,07	16,09	16,03

Lame Mince	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 31 143.5	FR 31 143.5	FR 31 143.5	FR 31 143.5	FR 31 143.5	FR 73 38.8
# Forage	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 26	FR 31	FR 31	FR 31	FR 31	FR 31	FR 73
Profondeur (m)	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	38,80
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	94.8-7-BIO	94.8-8-BIO	94.8-9-BIO	94.8-10-BIO	94.8-11-BIO	143.5-1-BIO	143.5-2-BIO	143.5-3-BIO	143.5-4-BIO	143.5-5-BIO	38.8-1-BIO
SiO2	37,21	36,36	36,61	36,47	36,31	34,87	32,07	33,26	33,99	34,90	33,50
TiO2	1,61	1,59	1,85	1,96	1,92	0,81	0,97	0,68	0,94	0,93	1,83
Al2O3	16,92	16,77	16,65	16,96	16,74	16,53	17,56	16,43	16,42	16,73	18,23
FeO	20,80	21,44	20,75	20,12	22,28	26,84	29,68	27,93	27,24	26,41	25,31
MgO	10,64	10,20	10,18	10,88	10,40	8,04	8,96	9,24	8,64	8,12	7,69
MnO	0,32	0,40	0,16	0,30	0,28	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,19
CaO	0,00	0,13	0,24	0,22	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na2O	0,00	0,49	0,22	0,26	0,21	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,19
K2O	10,32	9,78	9,88	10,01	9,73	9,58	7,20	7,97	8,65	9,68	9,45
Cr2O3	0,00	0,00	0,17	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22
Cl						0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,07
Total	97,82	97,16	96,71	97,18	98,10	96,67	96,69	95,83	95,88	96,99	96,68
H2Oconst.	2,18	2,84	3,29	2,82	1,90	3,33	3,31	4,17	4,12	3,01	3,32
Si	5,71	5,58	5,62	5,60	5,57	5,45	5,01	5,20	5,31	5,46	5,22
Ti	0,19	0,18	0,21	0,23	0,22	0,10	0,11	0,08	0,11	0,11	0,21
Al	3,06	3,03	3,01	3,07	3,03	3,05	3,24	3,03	3,03	3,08	3,35
Fe	2,67	2,75	2,66	2,58	2,86	3,51	3,88	3,65	3,56	3,45	3,30
Mg	2,43	2,33	2,33	2,49	2,38	1,87	2,09	2,15	2,01	1,89	1,78
Mn	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03
Ca	0,00	0,02	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,15	0,07	0,08	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,06
K	2,02	1,91	1,93	1,96	1,90	1,91	1,44	1,59	1,72	1,93	1,88
Cr	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,47	0,45	0,46	0,49	0,45						0,35
Mg/Fe	0,91	0,85	0,87	0,96	0,83						0,54
Stoéchiométrie											
Si-Al	8,77	8,62	8,63	8,67	8,60	8,50	8,25	8,23	8,34	8,54	8,57
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	6,10	5,93	5,86	6,00	6,10	5,97	6,33	6,14	6,02	5,99	5,89
Ca+Na+K	2,02	2,08	2,04	2,07	1,98	1,91	1,47	1,59	1,72	1,93	1,93
Total:	16,12	16,02	15,89	16,07	16,08	15,88	15,80	15,73	15,75	15,92	15,82

Lame Mince	FR 73 38.8	FR 73 38.8	FR 73 38.8	FR 73 38.8	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-61
# Forage	FR 73	FR 73	FR 73	FR 73	KN-39	KN-39	KN-39	KN-39	KN-39	KN-39	KN-39	KN-39	KN-24
Profondeur (m)	38,80	38,80	38,80	38,80	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00	124,70
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	38.8-2-BIO	38.8-3-BIO	38.8-4-BIO	38.8-5-BIO	C-1-BIO	C-2-BIO	C-3-BIO	C-4-BIO	C-5-BIO	C-6-BIO	C-7-BIO	C-8-BIO	B-1-BIO
SiO2	33,40	33,20	33,69	34,13	34,18	33,92	33,09	35,02	35,95	35,09	32,51	33,37	35,02
TiO2	2,10	2,03	1,87	2,10	1,81	1,22	0,90	1,31	2,84	2,86	0,99	1,10	1,87
Al2O3	18,65	17,64	17,66	17,33	18,18	18,66	18,60	17,25	17,87	17,55	18,31	18,71	16,80
FeO	24,06	25,14	24,16	24,12	25,32	26,14	26,99	22,28	21,11	20,33	28,26	27,82	22,28
MgO	7,20	7,52	7,82	7,80	7,82	8,43	8,57	10,04	9,82	9,66	8,41	8,42	9,60
MnO	0,00	0,18	0,00	0,17	0,00	0,22	0,43	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00
CaO	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
Na2O	0,21	0,27	0,20	0,00	0,00	0,00	0,52	0,15	0,00	0,17	0,00	0,16	0,24
K2O	9,74	9,65	10,01	9,84	9,53	9,12	7,16	9,43	9,76	10,13	7,11	7,30	9,41
Cr2O3	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,09	0,06	0,08	0,16
Total	95,48	95,63	95,41	95,49	96,84	97,71	96,26	95,56	97,35	95,88	96,01	96,96	95,38
H2Oconst.	4,52	4,37	4,59	4,51	3,16	2,29	3,74	4,44	2,65	4,12	3,99	3,04	4,62
Si	5,20	5,17	5,25	5,32	5,29	5,25	5,12	5,42	5,57	5,43	5,03	5,17	5,44
Ti	0,25	0,24	0,22	0,25	0,21	0,14	0,10	0,15	0,33	0,33	0,12	0,13	0,22
Al	3,42	3,24	3,24	3,18	3,32	3,40	3,39	3,15	3,26	3,20	3,34	3,41	3,07
Fe	3,13	3,27	3,15	3,14	3,28	3,38	3,49	2,88	2,73	2,63	3,66	3,60	2,89
Mg	1,67	1,75	1,81	1,81	1,80	1,94	1,98	2,32	2,26	2,23	1,94	1,94	2,22
Mn	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
Ca	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
Na	0,06	0,08	0,06	0,00	0,00	0,00	0,16	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,07
K	1,93	1,92	1,99	1,95	1,88	1,80	1,41	1,86	1,93	2,00	1,40	1,44	1,86
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,35	0,35	0,37	0,36	0,35	0,36	0,36	0,45	0,45	0,46	0,34	0,35	0,43
Mg/Fe	0,53	0,53	0,58	0,58	0,55	0,57	0,57	0,80	0,83	0,85	0,53	0,54	0,77
Stoéchiométrie													
Si-Al	8,63	8,41	8,49	8,50	8,61	8,66	8,52	8,57	8,83	8,63	8,37	8,58	8,51
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	5,68	5,69	5,67	5,72	5,90	6,15	6,15	5,92	6,15	5,83	6,13	6,25	5,84
Ca+Na+K	2,00	2,00	2,05	1,95	1,88	1,80	1,57	1,91	1,93	2,05	1,40	1,49	1,94
Total:	15,68	15,69	15,72	15,67	15,78	15,95	15,72	15,83	16,08	15,88	15,54	15,74	15,78

Lame Mince	MM 90-61	MM 90-61	MM 90-61	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-88	MM 90-88
# Forage	KN-24	KN-24	KN-24	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	Fosse	Fosse
Profondeur (m)	124,70	124,70	124,70	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00		
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	B-2-BIO	B-3-BIO	B-4-BIO	A-1-BIO	A-2-BIO	A-3A-BIO	A-3B-BIO	A-4A-BIO	A-4B-BIO	A-5-BIO	A-5-BIO	90-88-0	90-88-0A
SiO ₂	35,61	36,01	36,34	34,75	35,13	35,53	35,02	35,32	35,68	36,19	35,56	36,47	36,33
TiO ₂	1,70	1,76	1,69	1,33	1,30	1,38	1,31	1,49	1,18	1,51	1,20	2,03	1,66
Al ₂ O ₃	16,48	16,44	16,85	17,39	17,62	17,15	17,25	19,09	17,43	17,52	17,41	15,50	15,77
FeO	22,17	22,10	22,46	22,47	22,23	21,16	22,28	22,06	21,09	21,70	22,01	21,56	22,12
MgO	9,40	9,01	9,14	10,61	10,35	9,88	10,04	9,91	9,69	9,75	10,11	10,29	10,87
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,26	0,00	0,37	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	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
Na ₂ O	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,15	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
K ₂ O	10,33	10,19	10,10	9,23	9,22	10,19	9,43	10,08	9,88	10,27	10,16	10,14	10,11
Cr ₂ O ₃	0,32	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,32	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,08	0,08	0,00	0,06	0,09	0,00	0,07	0,09
Total	96,01	95,70	96,77	95,78	96,20	95,63	95,56	98,63	95,33	97,03	96,77	96,06	97,23
H ₂ Oconst.	3,99	4,30	3,23	4,22	3,80	4,37	4,44	1,37	4,67	2,97	3,23	3,94	2,77
Si	5,53	5,59	5,64	5,36	5,42	5,48	5,40	5,44	5,50	5,58	5,48	5,60	5,58
Ti	0,20	0,21	0,20	0,15	0,15	0,16	0,15	0,17	0,14	0,17	0,14	0,23	0,19
Al	3,01	3,01	3,08	3,16	3,20	3,12	3,13	3,47	3,17	3,18	3,16	2,81	2,85
Fe	2,88	2,87	2,91	2,90	2,86	2,73	2,87	2,84	2,72	2,80	2,84	2,77	2,84
Mg	2,17	2,08	2,11	2,44	2,38	2,27	2,31	2,28	2,23	2,24	2,32	2,35	2,49
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	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
Na	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
K	2,05	2,02	2,00	1,81	1,81	2,00	1,85	1,98	1,94	2,02	2,00	1,99	1,98
Cr	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,43	0,42	0,42	0,46	0,45	0,45	0,45	0,44	0,45	0,44	0,45	0,46	0,47
Mg/Fe	0,76	0,73	0,73	0,84	0,83	0,83	0,80	0,80	0,82	0,80	0,82	0,85	0,88
Stoéchiométrie													
Si-Al	8,54	8,60	8,72	8,52	8,62	8,59	8,53	8,91	8,67	8,76	8,64	8,41	8,44
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	5,79	5,76	5,95	6,00	6,04	5,78	5,86	6,25	5,77	5,97	5,94	5,77	5,96
Ca+Na+K	2,05	2,02	2,06	1,81	1,81	2,00	1,90	2,07	1,94	2,02	2,00	1,99	2,02
Total:	15,84	15,77	16,01	15,82	15,85	15,79	15,76	16,33	15,71	15,99	15,94	15,75	15,98

Lame Mince	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88
# Forage	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse
Profondeur (m)											
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	90-88-1-BIO	90-88-2-BIO	90-88-3-BIO	90-88-4-BIO	90-88-5-BIO	90-88-6-BIO	90-88-7-BIO	90-88-8-BIO	90-88-9-BIO	90-88-10-BIO	90-88-11-BIO
SiO2	35,29	36,21	35,19	35,37	35,88	36,29	35,58	35,34	35,73	35,56	35,74
TiO2	1,45	1,12	1,19	0,95	2,52	1,91	2,64	2,21	2,20	2,31	2,04
Al2O3	15,84	16,14	15,95	16,11	15,42	15,98	15,25	15,77	15,63	15,75	17,08
FeO	22,56	21,73	22,20	23,95	22,56	22,20	22,52	22,66	23,23	22,99	21,95
MgO	10,60	10,80	10,58	10,30	9,64	10,28	9,30	9,31	9,61	9,67	9,63
MnO	0,00	0,25	0,15	0,20	0,15	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,16
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na2O	0,43	0,41	0,00	0,22	0,20	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,19
K2O	9,49	9,77	9,75	9,27	9,99	10,30	10,08	9,93	9,67	9,96	10,17
Cr2O3	0,00	0,00	0,15	0,22	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,17	0,00
Cl	0,00	0,07	0,00	0,05	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
Total	95,66	96,50	95,16	96,64	96,44	96,96	95,60	95,22	96,42	96,41	97,03
H2Oconst.	4,34	3,50	4,84	3,36	3,56	3,04	4,40	4,78	3,58	3,59	2,97
Si	5,42	5,56	5,41	5,43	5,51	5,58	5,47	5,43	5,49	5,46	5,49
Ti	0,17	0,13	0,14	0,11	0,29	0,22	0,30	0,26	0,25	0,27	0,24
Al	2,87	2,92	2,89	2,92	2,79	2,89	2,76	2,85	2,83	2,85	3,09
Fe	2,90	2,79	2,85	3,08	2,90	2,85	2,89	2,91	2,98	2,95	2,82
Mg	2,43	2,47	2,42	2,36	2,21	2,35	2,13	2,13	2,20	2,21	2,20
Mn	0,00	0,03	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,06	0,06	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03
K	1,86	1,91	1,91	1,82	1,96	2,02	1,97	1,95	1,89	1,95	1,99
Cr	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,46	0,47	0,46	0,43	0,43	0,45	0,42	0,42	0,42	0,43	0,44
Mg/Fe	0,84	0,89	0,85	0,77	0,76	0,83	0,74	0,73	0,74	0,75	0,78
Stoéchiométrie											
Si-Al	8,29	8,48	8,29	8,35	8,30	8,47	8,23	8,28	8,32	8,31	8,58
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	5,78	5,91	5,72	5,92	5,72	5,89	5,55	5,58	5,78	5,75	5,86
Ca+Na+K	1,92	1,97	1,91	1,85	1,99	2,02	1,97	1,95	1,92	1,95	2,02
Total:	15,70	15,88	15,63	15,77	15,70	15,91	15,53	15,52	15,70	15,70	15,88

Lame Mince	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88
# Forage	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse
Profondeur (m)										
Minéral	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite	Biotite
Echantillons	90-88-12-BIO	90-88-13-BIO	90-88-14-BIO	90-88-15-BIO	90-88-16-BIO	90-88-17-BIO	90-88-18-BIO	90-88-19-BIO	90-88-20-BIO	90-88-21-BIO
SiO ₂	37,04	36,19	36,46	35,83	35,70	36,13	35,59	34,38	36,04	35,77
TiO ₂	1,83	1,93	2,12	2,57	2,60	2,32	1,76	1,28	1,05	1,23
Al ₂ O ₃	15,82	15,42	15,81	15,59	15,70	15,59	15,86	15,72	15,95	15,80
FeO	22,53	22,28	22,55	21,32	23,01	22,00	21,74	24,25	21,75	22,35
MgO	9,99	10,24	9,76	10,18	9,55	10,06	10,22	10,24	10,73	9,99
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,13	0,40	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,19	0,00	0,24	0,00	0,26	0,00	0,22	0,00	0,00
K ₂ O	10,04	10,19	10,42	10,08	9,94	10,29	10,14	9,05	10,25	9,98
Cr ₂ O ₃	0,20	0,13	0,24	0,00	0,00	0,00	0,14	0,15	0,11	0,12
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
Total	97,45	96,57	97,36	95,81	96,50	96,80	95,52	95,42	96,28	95,24
H ₂ Oconst.	2,55	3,43	2,64	4,19	3,50	3,20	4,48	4,58	3,72	4,76
Si	5,69	5,56	5,60	5,50	5,48	5,55	5,47	5,28	5,54	5,50
Ti	0,21	0,22	0,24	0,30	0,30	0,27	0,20	0,15	0,12	0,14
Al	2,86	2,79	2,86	2,82	2,84	2,82	2,87	2,85	2,89	2,86
Fe	2,89	2,86	2,90	2,74	2,95	2,83	2,79	3,11	2,79	2,87
Mg	2,29	2,34	2,23	2,33	2,19	2,30	2,34	2,34	2,46	2,29
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00
K	1,97	2,00	2,04	1,97	1,95	2,02	1,99	1,77	2,01	1,96
Cr	0,02	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
XMg	0,44	0,45	0,44	0,46	0,43	0,45	0,46	0,43	0,46	0,44
Mg/Fe	0,79	0,82	0,77	0,85	0,74	0,81	0,84	0,75	0,88	0,80
Stoéchiométrie										
Si-Al	8,55	8,35	8,46	8,33	8,33	8,37	8,34	8,13	8,42	8,36
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	5,94	5,78	5,84	5,69	5,77	5,79	5,67	5,75	5,85	5,65
Ca+Na+K	1,97	2,02	2,04	2,01	1,95	2,05	1,99	1,81	2,01	1,96
Total:	15,91	15,80	15,88	15,70	15,71	15,84	15,66	15,56	15,85	15,61

Lame mince	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3
#Forage	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20
Profondeur	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	25.3-1-PLAG	25.3-1-ALB	25.3-2-ALB	25.3-3-ALB	25.3-4-ALB	25.3-5-ALB	25.3-6-ALB	25.3-7-ALB	25.3-9-ALB
SiO ₂	64,93	65,28	65,29	63,46	64,98	63,85	67,83	65,97	64,51
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	21,87	22,09	22,38	22,48	22,43	22,86	20,95	21,25	23,30
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	3,73	3,08	3,02	3,71	3,29	4,63	0,90	1,71	4,02
Na ₂ O	9,25	9,04	10,04	9,85	9,81	9,62	10,76	10,07	8,38
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,78	99,49	100,73	99,50	100,51	100,96	100,44	99,00	100,21
Si	11,46	11,51	11,42	11,28	11,39	11,21	11,79	11,66	11,31
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,55	4,59	4,61	4,71	4,63	4,73	4,29	4,43	4,81
Fe+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	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	0,00
Ca	0,68	0,56	0,55	0,68	0,60	0,84	0,16	0,31	0,73
Na	3,16	3,09	3,40	3,39	3,33	3,27	3,63	3,45	2,85
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ:Na,Ca,K	3,84	3,65	3,95	4,07	3,93	4,12	3,79	3,76	3,58
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	82,29	84,62	86,17	83,27	84,82	79,57	95,73	91,69	79,62
Anorthite	17,71	15,38	13,83	16,73	15,18	20,43	4,27	8,31	20,38
Orthose	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stoéchiométrie									
Si-Al	16,01	16,09	16,03	15,99	16,03	15,94	16,09	16,09	16,13
Ca+Na+K	3,84	3,65	3,95	4,07	3,93	4,12	3,79	3,76	3,58
Total:	19,85	19,74	19,98	20,06	19,96	20,06	19,87	19,85	19,70

Lame mince	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 20 25.3	FR 24 44.5	FR 24 44.5
#Forage	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-20	KN-24	KN-24
Profondeur	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	44,50	44,50
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	25.3-10-ALB	25.3-11-ALB	25.3-12-ALB	25.3-13-ALB	25.3-14-ALB	25.3-15-ALB	44.5-1-Plag	44.5-2-Plag
SiO ₂	62,30	65,51	63,55	64,29	67,29	64,02	62,10	62,51
TiO ₂	0,00	0,30	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	23,92	18,17	21,78	21,95	20,24	22,38	23,23	22,98
FeO	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,50	0,00	0,11
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	5,28	0,47	3,21	2,85	1,16	3,35	5,18	4,76
Na ₂ O	8,90	0,00	10,31	10,40	11,74	10,68	9,02	9,13
K ₂ O	0,00	16,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10
Total	100,40	100,99	99,02	99,89	100,43	100,93	99,58	99,59
Si	11,02	12,01	11,35	11,38	11,77	11,27	11,08	11,14
Ti	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,98	3,92	4,58	4,58	4,17	4,64	4,88	4,83
Fe+3	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,07	0,00	0,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,97	0,09	0,59	0,52	0,21	0,61	0,96	0,88
Na	3,05	0,00	3,57	3,57	3,98	3,64	3,12	3,15
K	0,00	3,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Σ:Na,Ca,K	4,02	3,95	4,16	4,09	4,19	4,25	4,09	4,05
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	75,96	0,00	85,75	87,24	94,99	85,66	76,33	77,80
Anorthite	24,04	2,25	14,25	12,76	5,01	14,34	23,39	21,64
Orthose	0,00	97,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,56
Stoéchiométrie								
Si-Al	16,00	15,93	15,93	15,96	15,94	15,91	15,96	15,97
Ca+Na+K	4,02	3,95	4,16	4,09	4,19	4,25	4,09	4,05
Total:	20,02	19,88	20,10	20,05	20,13	20,16	20,05	20,02

Lame mince	FR 24 44.5	FR 24 44.5	FR 24 44.5	FR 24 44.5	FR 26 192.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8
#Forage	KN-24	KN-24	KN-24	KN-24	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur	44,50	44,50	44,50	44,50	192,80	23,80	23,80	23,80
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	44.5-3-Plag	44.5-4-Plag	44.5-5-Plag	44.5-6-Plag	192.8-15-ALB	23.8-1-PLAG	23.8-2-PLAG	23.8-3-PLAG
SiO ₂	64,18	63,40	63,33	62,96	65,69	62,49	62,63	62,67
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,13	0,00
Al ₂ O ₃	22,11	22,97	23,11	23,32	22,32	23,46	23,39	22,70
FeO	0,19	0,17	0,00	0,12	0,30	0,00	0,19	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,30	0,00	0,00
CaO	4,37	4,98	4,82	4,79	3,15	5,08	5,10	5,19
Na ₂ O	9,24	9,30	9,11	9,50	8,99	8,74	8,60	8,31
K ₂ O	0,09	0,18	0,11	0,17	0,08	0,00	0,08	0,10
Total	100,18	101,00	100,48	100,95	100,72	100,07	100,12	98,97
Si	11,34	11,16	11,17	11,09	11,47	11,08	11,10	11,21
Ti	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00
Al	4,60	4,76	4,80	4,84	4,59	4,90	4,88	4,78
Fe+3	0,03	0,03	0,00	0,02	0,04	0,00	0,03	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00
Ca	0,80	0,91	0,88	0,87	0,57	0,93	0,93	0,96
Na	3,16	3,17	3,11	3,24	3,04	3,00	2,95	2,88
K	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,00	0,02	0,02
Σ:Na,Ca,K	3,98	4,12	4,02	4,15	3,63	3,94	3,91	3,86
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	79,44	77,01	77,50	78,08	83,84	76,33	75,61	74,56
Anorthite	20,05	22,00	21,88	21,01	15,67	23,67	23,93	24,85
Orthose	0,51	0,98	0,62	0,92	0,49	0,00	0,46	0,59
Stoéchiométrie								
Si-Al	15,94	15,92	15,98	15,93	16,06	15,99	15,98	15,99
Ca+Na+K	3,98	4,12	4,02	4,15	3,63	3,94	3,91	3,86
Total:	19,92	20,04	20,00	20,09	19,69	19,92	19,88	19,85

Lame mince	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8
#Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	23.8-4-PLAG	23.8-5-PLAG	23.8-6-PLAG	23.8-9-PLAG	23.8-10-PLAG	23.8-12-ALB	23.8-13-ALB	23.8-14-ALB
SiO ₂	63,02	63,37	64,10	63,45	63,13	61,50	62,71	61,40
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,26
Al ₂ O ₃	23,38	23,03	22,63	22,39	22,65	23,42	23,79	24,38
FeO	0,17	0,26	0,54	0,00	0,17	0,00	0,00	0,13
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
CaO	5,03	4,98	1,24	4,84	4,95	5,64	5,41	5,53
Na ₂ O	8,68	8,70	7,67	8,90	8,60	8,78	8,39	8,74
K ₂ O	0,00	0,00	2,62	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
Total	100,28	100,34	98,80	99,58	99,71	99,52	100,30	100,44
Si	11,13	11,19	11,46	11,27	11,22	10,99	11,08	10,88
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03
Al	4,87	4,79	4,77	4,69	4,74	4,93	4,95	5,09
Fe+3	0,03	0,04	0,08	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Ca	0,92	0,91	0,23	0,89	0,91	1,04	0,99	1,01
Na	2,97	2,98	2,66	3,06	2,96	3,04	2,87	3,00
K	0,00	0,00	0,60	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Σ:Na,Ca,K	3,89	3,89	3,48	3,95	3,89	4,08	3,86	4,01
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	76,38	76,60	76,28	77,51	76,10	74,47	74,40	74,76
Anorthite	23,62	23,40	6,58	22,49	23,37	25,53	25,60	25,24
Orthose	0,00	0,00	17,14	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00
Stoéchiométrie								
Si-Al	16,00	15,98	16,22	15,96	15,96	15,93	16,03	15,97
Ca+Na+K	3,89	3,89	3,48	3,95	3,89	4,08	3,86	4,01
Total:	19,89	19,87	19,71	19,92	19,86	20,01	19,89	19,99

Lame mince	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8
#Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	23.8-15-ALB	23.8-16-ALB	23.8-17A-ALB	23.8-17B-ALB	23.8-17C-ALB	23.8-17D-ALB	23.8-18-ALB	23.8-19B-ALB
SiO ₂	63,00	61,01	60,89	60,91	61,36	61,64	61,33	60,91
TiO ₂	23,38	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00
Al ₂ O ₃	0,00	23,35	24,92	24,36	24,55	23,28	24,03	23,66
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	4,43	5,59	6,51	6,28	6,29	5,25	5,63	5,68
Na ₂ O	8,85	8,71	8,47	8,81	8,60	9,10	8,57	8,61
K ₂ O	0,00	0,08	0,11	0,00	0,00	0,17	0,00	0,09
Total	99,66	98,94	100,90	100,49	100,80	99,44	99,73	98,95
Si	11,57	10,98	10,77	10,83	10,85	11,03	10,93	10,96
Ti	3,23	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Al	0,00	4,95	5,20	5,10	5,12	4,91	5,05	5,01
Fe+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,84	1,04	1,19	1,15	1,15	0,97	1,04	1,06
Na	3,15	3,04	2,90	3,04	2,95	3,16	2,96	3,00
K	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02
Σ:Na,Ca,K	3,99	4,10	4,12	4,19	4,10	4,17	4,00	4,08
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	78,92	74,16	70,49	72,45	71,93	75,75	74,05	73,59
Anorthite	21,08	25,39	28,91	27,55	28,07	23,32	25,95	25,90
Orthose	0,00	0,45	0,60	0,00	0,00	0,93	0,00	0,51
Stoéchiométrie								
Si-Al	11,57	15,93	15,97	15,93	15,97	15,94	15,98	15,97
Ca+Na+K	3,99	4,10	4,12	4,19	4,10	4,17	4,00	4,08
Total:	15,56	20,02	20,09	20,12	20,06	20,11	19,98	20,05

Lame mince	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8
#Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	94,80	94,80	94,80	94,80
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	23.8-20-ALB	23.8-21-ALB	23.8-22-ALB	23.8-23-ALB	23.8-24-ALB	94.8-1-ALB	94.8-2-ALB	94.8-3-ALB	94.8-5-ALB
SiO ₂	61,05	61,95	61,60	59,11	61,84	74,52	67,77	68,22	68,40
TiO ₂	0,00	0,19	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	24,69	23,22	24,48	25,52	24,14	21,18	20,35	20,69	20,08
FeO	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
CaO	6,17	4,95	5,76	7,83	5,49	0,48	1,25	1,34	0,61
Na ₂ O	8,63	9,05	8,48	7,89	9,15	2,31	11,02	9,71	9,77
K ₂ O	0,12	0,00	0,00	0,06	0,15	0,54	0,10	0,06	0,11
Total	100,66	99,36	100,54	100,41	100,96	99,21	100,49	100,17	98,97
Si	10,82	11,07	10,90	10,56	10,92	12,57	11,82	11,87	12,00
Ti	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	5,16	4,89	5,10	5,37	5,02	4,21	4,18	4,24	4,15
Fe+3	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Ca	1,13	0,91	1,05	1,45	1,00	0,08	0,23	0,24	0,11
Na	2,96	3,13	2,91	2,73	3,13	0,76	3,72	3,27	3,32
K	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	0,12	0,02	0,01	0,02
Σ:Na,Ca,K	4,12	4,05	3,96	4,19	4,17	0,96	3,97	3,53	3,46
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	71,91	77,41	73,40	65,17	75,14	79,07	93,77	92,79	96,09
Anorthite	27,43	22,59	26,60	34,51	24,05	8,77	5,67	6,83	3,20
Orthose	0,66	0,00	0,00	0,33	0,81	12,16	0,56	0,38	0,71
Stoéchiométrie									
Si-Al	15,98	15,96	16,01	15,93	15,94	16,78	16,00	16,11	16,15
Ca+Na+K	4,12	4,05	3,96	4,19	4,17	0,96	3,97	3,53	3,46
Total:	20,10	20,00	19,97	20,13	20,10	17,73	19,97	19,63	19,60

Lame mince	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 26 94.8
#Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80	94,80
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	94.8-7-ALB	94.8-8-ALB	94.8-9-ALB	94.8-10-ALB	94.8-11-ALB	94.8-12-ALB	94.8-14-ALB	94.8-15-ALB	94.8-16-ALB
SiO ₂	67,77	68,44	66,82	68,23	67,67	66,89	63,63	67,39	65,27
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	19,85	20,19	21,13	20,17	20,30	20,94	23,23	20,50	21,20
FeO	0,00	0,15	0,19	0,00	0,41	0,00	0,00	0,16	0,48
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,12	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,62	0,65	1,77	1,01	1,10	1,84	4,35	1,12	2,34
Na ₂ O	11,33	11,24	9,31	10,40	10,48	10,80	9,70	11,46	10,49
K ₂ O	0,00	0,14	0,14	0,00	0,11	0,00	0,07	0,00	0,10
Total	99,69	100,94	99,36	99,81	100,07	100,47	100,98	100,63	99,88
Si	11,89	11,87	11,74	11,92	11,84	11,69	11,17	11,76	11,54
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,10	4,13	4,38	4,15	4,18	4,31	4,81	4,21	4,42
Fe+3	0,00	0,02	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,07
Mn	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,11	0,12	0,32	0,18	0,20	0,33	0,79	0,20	0,43
Na	3,85	3,78	3,17	3,52	3,55	3,66	3,30	3,88	3,59
K	0,00	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02
Σ:Na,Ca,K	3,97	3,93	3,52	3,70	3,78	3,99	4,11	4,08	4,04
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	97,16	96,24	89,98	95,07	94,08	91,67	80,38	95,04	88,87
Anorthite	2,84	2,97	9,13	4,93	5,27	8,33	19,23	4,96	10,58
Orthose	0,00	0,79	0,89	0,00	0,65	0,00	0,38	0,00	0,56
Stoéchiométrie									
Si-Al	16,00	16,00	16,12	16,07	16,02	16,00	15,98	15,97	15,95
Ca+Na+K	3,97	3,93	3,52	3,70	3,78	3,99	4,11	4,08	4,04
Total:	19,96	19,93	19,64	19,77	19,80	19,99	20,08	20,05	19,99

Lame mince	FR 26 94.8	FR 26 94.8	FR 35 279.5	FR 35 279.5	FR 35 279.5	FR 35 279.5	FR 35 279.5	FR 35 279.5
#Forage	KN-26	KN-26	KN-35	KN-35	KN-35	KN-35	KN-35	KN-35
Profondeur	94,80	94,80	279,50	279,50	279,50	279,50	279,50	279,50
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	94.8-18-ALB	94.8-19-ALB	279.5-1-PLAG	279.5-2-PLAG	279.5-3-PLAG	279.5-4-PLAG	279.5-5-PLAG	279.5-6-PLAG
SiO ₂	65,66	66,60	61,21	56,95	58,47	60,17	58,37	56,18
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	20,85	21,21	25,14	27,20	26,72	24,44	25,64	27,67
FeO	0,23	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,22	0,27
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	1,87	1,84	6,81	9,79	8,72	7,17	8,37	9,41
Na ₂ O	10,82	10,38	7,78	6,12	6,62	7,77	7,25	5,85
K ₂ O	0,00	0,00	0,05	0,06	0,10	0,09	0,38	0,00
Total	99,43	100,03	100,99	100,41	100,63	99,64	100,23	99,38
Si	11,62	11,67	10,79	10,22	10,41	10,78	10,48	10,16
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,35	4,38	5,22	5,75	5,61	5,16	5,43	5,90
Fe+3	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,03	0,04
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,34	0,33	1,24	1,82	1,61	1,33	1,55	1,76
Na	3,71	3,52	2,66	2,13	2,29	2,70	2,52	2,05
K	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,09	0,00
Σ:Na,Ca,K	4,05	3,86	3,91	3,96	3,91	4,05	4,17	3,81
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	91,56	91,36	67,97	53,76	58,38	66,67	60,59	53,81
Anorthite	8,44	8,64	31,74	45,89	41,03	32,82	37,32	46,19
Orthose	0,00	0,00	0,29	0,35	0,58	0,51	2,09	0,00
Stoéchiométrie								
Si-Al	15,97	16,05	16,02	15,97	16,02	15,95	15,91	16,06
Ca+Na+K	4,05	3,86	3,91	3,96	3,91	4,05	4,17	3,81
Total:	20,03	19,90	19,93	19,93	19,94	19,99	20,08	19,87

Lame mince	FR 35 279.5	FR 73 38.8	FR 73 38.8	FR 73 38.8	FR 73 38.8	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03
#Forage	KN-35	KN 73	KN 73	KN 73	KN 73	KN-74	KN-74	KN-74
Profondeur	279,50	38,80	38,80	38,80	38,80	68,65	68,65	68,65
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	279.5-7-PLAG	38.8-1-Plag	38.8-2-Plag	38.8-3-Plag	38.8-4-Plag	90-03-1-Plag	90-03-2-Plag	90-03-3-Plag
SiO2	60,80	62,16	62,33	61,26	61,51	57,62	61,61	60,46
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Al2O3	24,63	23,38	23,41	23,63	23,94	27,02	25,02	25,00
FeO	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	6,95	5,49	5,08	5,73	5,57	9,17	6,29	6,60
Na2O	7,53	9,10	8,55	8,51	8,66	6,85	7,89	7,89
K2O	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
Total	99,91	100,52	99,37	99,31	99,68	100,66	100,81	100,06
Si	10,83	11,02	11,11	10,97	10,97	10,29	10,86	10,77
Ti	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	5,17	4,89	4,92	4,99	5,03	5,69	5,20	5,25
Fe+3	0,00	0,04	0,00	0,00	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
Ca	1,28	1,01	0,94	1,06	1,03	1,69	1,15	1,22
Na	2,60	3,13	2,95	2,95	2,99	2,37	2,69	2,72
K	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Σ:Na,Ca,K	3,88	4,17	3,89	4,01	4,02	4,07	3,84	3,96
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	67,00	75,07	75,93	73,57	74,45	58,33	70,16	68,70
Anorthite	33,00	24,17	24,07	26,43	25,55	41,67	29,84	30,67
Orthose	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63
Stoéchiométrie								
Si-Al	16,00	15,91	16,02	15,95	16,00	15,98	16,05	16,02
Ca+Na+K	3,88	4,17	3,89	4,01	4,02	4,07	3,84	3,96
Total:	19,88	20,08	19,91	19,97	20,02	20,05	19,89	19,98

Lame mince	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-03
#Forage	KN-74	KN-74	KN-74	KN-74	KN-74	KN-74	KN-74	KN-74
Profondeur	68,65	68,65	68,65	68,65	68,65	68,65	68,65	68,65
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	90-03-4-Plag	90-03-5-Plag	90-03-6-Plag	90-03-7-Plag	90-03-8-Plag	90-03-9-Plag	90-03-10-Plag	90-03-11-Plag
SiO ₂	59,75	57,64	56,72	60,05	59,26	60,02	60,43	57,17
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	25,00	26,54	26,62	25,17	24,77	25,55	24,86	27,04
FeO	0,00	0,16	0,00	0,22	0,34	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	7,28	9,01	9,72	7,33	6,95	7,44	7,12	9,44
Na ₂ O	7,32	6,54	6,18	7,84	7,92	7,34	7,97	6,64
K ₂ O	0,11	0,07	0,12	0,06	0,09	0,11	0,09	0,21
Total	99,46	99,96	99,56	100,67	99,33	100,46	100,47	100,50
Si	10,72	10,36	10,27	10,68	10,68	10,67	10,75	10,25
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	5,28	5,62	5,68	5,27	5,26	5,35	5,21	5,71
Fe ⁺³	0,00	0,02	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	1,35	1,67	1,82	1,35	1,30	1,37	1,31	1,75
Na	2,54	2,28	2,17	2,70	2,77	2,53	2,75	2,31
K	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Σ:Na,Ca,K	3,92	3,97	4,02	4,06	4,08	3,92	4,08	4,11
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	64,91	57,40	54,00	66,49	67,76	64,49	67,38	56,20
Anorthite	34,45	42,19	45,31	33,17	31,73	34,88	32,12	42,63
Orthose	0,64	0,40	0,69	0,33	0,51	0,64	0,50	1,17
Stoéchiométrie								
Si-Al	16,00	15,98	15,95	15,95	15,95	16,02	15,96	15,96
Ca+Na+K	3,92	3,97	4,02	4,06	4,08	3,92	4,08	4,11
Total:	19,92	19,95	19,96	20,01	20,03	19,94	20,03	20,07

Lame mince	MM 90-03	MM 90-03	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88
#Forage	KN-74	KN-74	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse
Profondeur	68,65	68,65					
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	90-03-13-Plag	90-03-14-Plag	90-88-0-PLAG	90-88-0A-PLAG	90-88-1-PLAG	90-88-2-PLAG	90-88-3-PLAG
SiO ₂	60,03	60,47	65,80	64,42	68,29	71,43	67,03
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,11	0,00
Al ₂ O ₃	24,84	25,14	20,95	21,76	19,28	16,91	19,75
FeO	0,14	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	7,29	7,13	2,47	3,50	0,80	2,99	1,09
Na ₂ O	7,62	7,65	10,94	10,08	11,57	7,68	11,40
K ₂ O	0,06	0,12	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
Total	99,98	100,80	100,16	99,76	100,16	99,12	99,27
Si	10,73	10,72	11,58	11,41	11,94	12,46	11,84
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
Al	5,23	5,25	4,35	4,54	3,97	3,48	4,11
Fe+3	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	1,35	1,31	0,45	0,64	0,14	0,54	0,20
Na	2,64	2,63	3,73	3,46	3,92	2,60	3,90
K	0,01	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Σ:Na,Ca,K	4,00	3,96	4,18	4,10	4,08	3,14	4,10
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	65,98	66,33	89,25	84,37	96,02	82,80	95,15
Anorthite	33,68	32,99	10,75	15,63	3,54	17,20	4,85
Orthose	0,34	0,68	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00
Stoéchiométrie							
Si-Al	15,96	15,97	15,93	15,95	15,92	15,94	15,95
Ca+Na+K	4,00	3,96	4,18	4,10	4,08	3,14	4,10
Total:	19,96	19,94	20,11	20,05	20,00	19,07	20,05

Lame mince #Forage Profondeur Minéral # Analyse	MM 90-88 Fosse	MM 90-88 Fosse	MM 90-88 Fosse	MM 90-88 Fosse	MM 90-88 Fosse	MM 90-88 Fosse	MM 90-88 Fosse
	Feldspath 90-88-4-PLAG	Feldspath 90-88-5-PLAG	Feldspath 90-88-6-PLAG	Feldspath 90-88-7-PLAG	Feldspath 90-88-8-PLAG	Feldspath 90-88-9-PLAG	Feldspath 90-88-10-PLAG
SiO ₂	65,69	68,30	66,82	67,40	65,56	66,58	67,31
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	21,36	19,57	20,25	19,58	20,71	19,99	19,57
FeO	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
CaO	2,69	0,98	1,42	1,65	2,55	1,74	0,87
Na ₂ O	10,64	11,66	11,22	11,35	10,98	10,66	11,39
K ₂ O	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100,79	100,51	99,71	100,40	99,80	98,97	99,14
Si	11,52	11,91	11,76	11,81	11,59	11,80	11,89
Ti	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Al	4,41	4,02	4,20	4,04	4,31	4,17	4,07
Fe+3	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
Ca	0,49	0,18	0,26	0,30	0,47	0,32	0,16
Na	3,61	3,94	3,83	3,85	3,76	3,66	3,90
K	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ:Na,Ca,K	4,13	4,12	4,09	4,15	4,23	3,98	4,06
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	87,45	95,71	93,67	92,80	88,97	91,99	96,08
Anorthite	11,80	4,29	6,33	7,20	11,03	8,01	3,92
Orthose	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Stoéchiométrie							
Si-Al	15,93	15,93	15,96	15,85	15,90	15,97	15,96
Ca+Na+K	4,13	4,12	4,09	4,15	4,23	3,98	4,06
Total:	20,06	20,05	20,05	20,01	20,13	19,95	20,02

Lame mince	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88
#Forage	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse
Profondeur							
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	90-88-11-PLAG	90-88-12-PLAG	90-88-13-PLAG	90-88-14-PLAG	90-88-15-PLAG	90-88-16-PLAG	90-88-17-PLAG
SiO ₂	65,57	67,43	67,31	66,00	66,30	67,86	66,49
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	20,57	19,51	19,41	21,04	20,56	19,77	20,69
FeO	0,12	0,00	0,13	0,00	0,16	0,34	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,18
CaO	2,38	1,01	0,88	2,54	2,10	1,39	2,33
Na ₂ O	10,57	11,42	11,95	10,13	11,01	11,26	10,91
K ₂ O	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
Total	99,21	99,42	99,68	99,71	100,26	100,69	100,60
Si	11,64	11,89	11,87	11,63	11,66	11,84	11,65
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,30	4,05	4,03	4,37	4,26	4,07	4,27
Fe ⁺³	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,05	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Ca	0,44	0,18	0,16	0,46	0,38	0,25	0,42
Na	3,64	3,90	4,08	3,46	3,75	3,81	3,70
K	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Σ:Na,Ca,K	4,07	4,10	4,24	3,92	4,13	4,08	4,13
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	89,27	95,23	96,22	88,20	90,76	93,46	89,77
Anorthite	10,73	4,49	3,78	11,80	9,24	6,16	10,23
Orthose	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00
Stoéchiométrie							
Si-Al	15,94	15,94	15,90	16,00	15,91	15,91	15,92
Ca+Na+K	4,07	4,10	4,24	3,92	4,13	4,08	4,13
Total:	20,01	20,04	20,14	19,92	20,05	19,99	20,04

Lame mince	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88
#Forage	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse
Profondeur							
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	90-88-18-PLAG	90-88-19-PLAG	90-88-20-PLAG	90-88-21-PLAG	90-88-22-PLAG	90-88-23-PLAG	90-88-24-PLAG
SiO ₂	65,72	67,21	66,33	66,39	67,08	64,87	66,57
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	20,76	20,23	20,99	20,82	20,50	22,28	20,70
FeO	0,48	0,00	0,00	0,18	0,22	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,21	0,11	0,00	0,00	0,00	0,10
CaO	1,99	1,48	2,26	2,35	1,48	3,31	1,99
Na ₂ O	11,27	11,58	11,08	10,85	11,39	10,30	11,18
K ₂ O	0,00	0,09	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
Total	100,22	100,80	100,77	100,67	100,67	100,76	100,54
Si	11,59	11,74	11,60	11,63	11,72	11,37	11,66
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,31	4,16	4,33	4,30	4,22	4,60	4,27
Fe+3	0,07	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00
Mn	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Ca	0,36	0,27	0,41	0,43	0,27	0,60	0,36
Na	3,85	3,92	3,76	3,68	3,86	3,50	3,79
K	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Σ:Na,Ca,K	4,21	4,21	4,17	4,13	4,12	4,10	4,16
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	91,39	93,17	90,18	89,25	93,52	85,36	91,33
Anorthite	8,61	6,35	9,82	10,31	6,48	14,64	8,67
Orthose	0,00	0,48	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00
Stoéchiométrie							
Si-Al	15,90	15,91	15,93	15,92	15,94	15,98	15,93
Ca+Na+K	4,21	4,21	4,17	4,13	4,12	4,10	4,16
Total:	20,11	20,12	20,10	20,05	20,07	20,08	20,09

Lame mince	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88	MM 90-88
#Forage	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse	Fosse
Profondeur							
Minéral	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath	Feldspath
# Analyse	90-88-25-PLAG	90-88-26-PLAG	90-88-27-PLAG	90-88-28-PLAG	90-88-29-PLAG	90-88-30-PLAG	90-88-31-PLAG
SiO2	68,25	68,31	67,75	65,66	65,74	67,41	67,20
TiO2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al2O3	19,49	19,57	19,99	21,17	21,31	20,12	20,61
FeO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,55	0,70	1,07	2,51	2,52	1,32	1,67
Na2O	11,94	12,18	11,87	10,76	11,11	11,22	11,07
K2O	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,12
Total	100,23	100,87	100,68	100,17	100,68	100,07	100,67
Si	11,93	11,89	11,82	11,56	11,53	11,81	11,73
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	4,01	4,01	4,11	4,39	4,40	4,15	4,24
Fe+3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,10	0,13	0,19	0,46	0,46	0,24	0,30
Na	4,04	4,11	4,01	3,67	3,78	3,81	3,74
K	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
Σ:Na,Ca,K	4,14	4,24	4,21	4,14	4,23	4,05	4,07
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Albite	97,60	97,02	95,41	88,59	89,20	94,09	91,94
Anorthite	2,40	2,98	4,59	11,03	10,80	5,91	7,40
Orthose	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,66
Stoéchiométrie							
Si-Al	15,94	15,91	15,93	15,95	15,93	15,97	15,97
Ca+Na+K	4,14	4,24	4,21	4,14	4,23	4,05	4,07
Total:	20,09	20,14	20,13	20,09	20,16	20,02	20,04

Lame mince	MM 90-88	MM 90-88
#Forage	Fosse	Fosse
Profondeur		
Minéral	Feldspath	Feldspath
# Analyse	90-88-32-PLAG	90-88-33-PLAG
SiO ₂	65,41	65,69
TiO ₂	0,00	0,10
Al ₂ O ₃	21,14	20,88
FeO	0,00	0,00
MgO	0,00	0,00
MnO	0,10	0,00
CaO	2,49	2,55
Na ₂ O	10,94	11,13
K ₂ O	0,00	0,00
Total	100,08	100,35
Si	11,54	11,56
Ti	0,00	0,01
Al	4,39	4,33
Fe+3	0,00	0,00
Mn	0,01	0,00
Ca	0,45	0,46
Na	3,74	3,80
K	0,00	0,00
Σ:Na,Ca,K	4,19	4,26
O	32,00	32,00
Albite	89,17	89,11
Anorthite	10,83	10,89
Orthose	0,00	0,00
Stoéchiométrie		
Si-Al	15,93	15,89
Ca+Na+K	4,19	4,26
Total:	20,12	20,15

Lame Mince	FR 12 18.8	FR 12 18.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8
# Forage	KN-12	KN-12	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur (m)	18,80	18,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80
Minéral	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite
#Analyse	18.8-1-CHL	18.8-2-CHL	192.8-4-CHL	192.8-5-CHL	192.8-6-CHL	192.8-7-CHL	192.8-8-CHL	192.8-9-CHL
SiO ₂	24,37	26,33	24,67	23,87	23,84	23,87	24,37	23,80
TiO ₂	0,00	0,24	0,00	0,11	0,00	0,00	0,16	0,00
Al ₂ O ₃	20,63	17,73	19,93	20,41	20,23	20,49	20,19	20,22
FeO	26,00	30,97	25,74	25,92	26,60	26,42	27,12	26,29
MgO	14,16	11,19	13,55	14,04	13,94	13,88	14,14	14,14
MnO	0,00	0,18	0,00	0,00	0,16	0,17	0,00	0,16
CaO	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,60	0,46	0,18	0,47	0,24	0,32	0,44	0,00
K ₂ O	0,11	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Cr ₂ O ₃	0,00	0,12	0,00	0,16	0,00	0,00	0,16	0,00
Total	85,87	87,38	84,48	84,98	85,01	85,15	86,58	84,66
H ₂ Oconst.	14,13	12,62	15,52	15,02	14,99	14,85	13,42	15,34
Si	5,30	5,77	5,37	5,20	5,19	5,20	5,30	5,18
Ti	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00
Al	5,29	4,58	5,11	5,23	5,19	5,26	5,18	5,19
Fe	4,73	5,67	4,68	4,72	4,84	4,81	4,93	4,78
Mg	4,59	3,65	4,39	4,55	4,52	4,50	4,58	4,58
Mn	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,03
Ca	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,25	0,20	0,08	0,20	0,10	0,13	0,19	0,00
K	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Cr	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
XMg	0,49	0,39	0,48	0,49	0,48	0,48	0,48	0,49
Mg/Fe	0,97	0,64	0,94	0,97	0,93	0,94	0,93	0,96

Lame Mince	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8	FR 26 192.8
# Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur (m)	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80	192,80
Minéral	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite
#Analyse	192.8-10-CHL	192.8-11-CHL	192.8-12-CHL	192.8-13-CHL	192.8-14-CHL	192.8-18-CHL	192.8-19-CHL
SiO2	24,17	24,29	23,84	24,82	24,43	23,57	24,57
TiO2	0,00	0,21	0,14	0,00	0,00	0,00	0,12
Al2O3	20,17	20,70	20,49	20,62	20,32	20,44	20,84
FeO	27,15	26,90	25,99	26,53	26,44	26,82	26,03
MgO	14,24	13,69	13,91	14,05	14,37	13,17	14,48
MnO	0,00	0,15	0,00	0,16	0,00	0,17	0,00
CaO	0,00	0,00	0,07	0,10	0,00	0,00	0,00
Na2O	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,16	0,35
K2O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr2O3	0,00	0,13	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00
Total	85,73	86,07	84,78	86,28	85,75	84,33	86,39
H2Oconst.	14,27	13,93	15,22	13,72	14,25	15,67	13,61
Si	5,26	5,29	5,19	5,40	5,32	5,13	5,35
Ti	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02
Al	5,17	5,31	5,26	5,29	5,21	5,24	5,34
Fe	4,94	4,89	4,73	4,83	4,81	4,88	4,74
Mg	4,62	4,44	4,51	4,56	4,66	4,27	4,69
Mn	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
Ca	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,07	0,15
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
XMg	0,48	0,47	0,49	0,48	0,49	0,47	0,50
Mg/Fe	0,93	0,91	0,95	0,94	0,97	0,88	0,99

Lame Mince	FR 26 192.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 23.8	FR 26 70.9	FR 26 70.9	FR 26 70.9
# Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26
Profondeur (m)	192,80	23,8	23,8	23,8	23,8	70,90	70,90	70,90
Minéral	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite
#Analyse	192.8-20-CHL	23.8-1-CHL	23.8-2-CHL	23.8-3-CHL	23.8-4-CHL	70.9-1-CHL	70.9-2-CHL	70.9-3-CHL
SiO2	24,33	25,40	25,33	25,67	25,58	27,65	28,83	28,23
TiO2	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00
Al2O3	20,25	19,61	20,32	19,86	20,05	18,51	16,83	16,73
FeO	26,63	23,18	22,64	23,78	24,00	19,24	24,10	25,18
MgO	14,03	16,75	17,17	16,96	17,33	20,05	16,81	16,22
MnO	0,20	0,27	0,19	0,51	0,21	0,00	0,42	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
Na2O	0,18	0,38	0,35	0,47	0,57	0,00	0,00	0,00
K2O	0,14	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,47	0,59
Cr2O3	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	86,04	85,59	86,00	87,32	87,83	85,45	87,74	86,95
H2Oconst.	13,96	14,41	14,00	12,68	12,17	14,55	12,26	13,05
Si	5,30	5,45	5,39	5,42	5,37	5,78	6,03	5,90
Ti	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Al	5,19	4,96	5,10	4,94	4,96	4,56	4,14	4,12
Fe	4,85	4,16	4,03	4,20	4,21	3,36	4,21	4,40
Mg	4,55	5,36	5,44	5,34	5,42	6,24	5,23	5,05
Mn	0,04	0,05	0,03	0,09	0,04	0,00	0,07	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
Na	0,08	0,16	0,14	0,19	0,23	0,00	0,00	0,00
K	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,13	0,16
Cr	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
XMg	0,48	0,56	0,57	0,55	0,56	0,65	0,55	0,53
Mg/Fe	0,94	1,29	1,35	1,27	1,29	1,86	1,24	1,15

Lame Mince	FR 26 70.9	FR 26 70.9	FR 26 70.9	FR 26 94.8	FR 26 94.8	MM 90-88
# Forage	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	KN-26	Fosse
Profondeur (m)	70,90	70,90	70,90	94,8	94,8	
Minéral	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite	Chlorite
#Analyse	70.9-4-CHL	70.9-5-CHL	70.9-7-CHL	94.8-1-CHL	94.8-2-CHL	90-88-1-CHL
SiO2	28,38	26,02	26,46	26,87	25,96	26,13
TiO2	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00
Al2O3	18,18	19,99	19,48	16,97	18,04	19,95
FeO	24,68	27,59	26,80	28,00	27,38	28,26
MgO	16,61	14,56	14,55	14,59	14,89	13,83
MnO	0,00	0,63	0,58	0,31	0,43	0,21
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
Na2O	0,00	0,00	0,00	0,27	0,44	0,00
K2O	0,00	0,00	0,00	0,28	0,05	0,00
Cr2O3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	87,85	88,79	88,08	87,29	87,19	88,64
H2Oconst.	12,15	11,21	11,92	12,71	12,81	11,36
Si	5,93	5,44	5,53	5,81	5,61	5,53
Ti	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Al	4,48	4,92	4,80	4,32	4,59	4,98
Fe	4,31	4,82	4,68	5,06	4,95	5,00
Mg	5,17	4,53	4,53	4,70	4,79	4,36
Mn	0,00	0,11	0,10	0,06	0,08	0,04
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
Na	0,00	0,00	0,00	0,11	0,18	0,00
K	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
XMg	0,55	0,48	0,49	0,48	0,49	0,47
Mg/Fe	1,20	0,94	0,97	0,93	0,97	0,87

Lame Mince	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56	MM 90-56
# Forage	Kn-39	Kn-39	Kn-39	Kn-39	Kn-39	Kn-39	Kn-39
Profondeur	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00	136,00
Minéral	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat
Échantillon	C-1-GRE	C-2-GRE	C-3-GRE	C-4-GRE	C-5-GRE	C-6-GRE	C-7-GRE
SiO ₂	37,22	36,92	37,12	36,55	36,80	37,05	37,16
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,14	0,00
Al ₂ O ₃	20,79	20,79	19,96	20,35	20,46	20,43	20,47
FeO	35,58	36,09	35,78	35,82	35,66	35,54	33,11
MgO	2,02	2,05	2,11	2,26	2,21	1,83	1,88
MnO	0,32	0,45	0,72	0,93	0,48	0,61	1,01
CaO	3,43	3,49	3,25	3,41	3,93	3,87	5,87
Cr ₂ O ₃	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,67	99,79	98,94	99,32	99,64	99,47	99,50
Si	6,08	6,05	6,13	6,03	6,04	6,09	6,08
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00
Al	3,87	3,88	3,75	3,82	3,82	3,82	3,81
Al _i	-0,08	-0,05	-0,13	-0,03	-0,04	-0,09	-0,08
Fe	4,86	4,94	4,94	4,94	4,89	4,88	4,53
Mg	0,49	0,50	0,52	0,56	0,54	0,45	0,46
Mn	0,04	0,06	0,10	0,13	0,07	0,08	0,14
Ca	0,60	0,61	0,57	0,60	0,69	0,68	1,03
Cr	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	15,91	15,99	15,89	16,05	16,03	15,93	15,97
Si	3,04	3,02	3,07	3,02	3,02	3,04	3,04
Al	1,93	1,94	1,88	1,91	1,91	1,91	1,91
Fe	2,43	2,47	2,47	2,47	2,45	2,44	2,26
Mn	0,02	0,03	0,05	0,06	0,03	0,04	0,07
Mg	0,25	0,25	0,26	0,28	0,27	0,22	0,23
Ca	0,30	0,31	0,29	0,30	0,35	0,34	0,51
Total	3,00	3,06	3,07	3,12	3,10	3,05	3,08
Almandin Fe	81,05	80,79	80,52	79,32	79,03	80,08	73,57
Pyrope Mg	8,20	8,18	8,46	8,92	8,73	7,35	7,45
Spessartite Mn	0,74	1,02	1,64	2,09	1,08	1,39	2,27
Grossulaire Ca	10,01	10,01	9,37	9,67	11,16	11,17	16,71

Lame Mince	MM 90-56	FR 31 105,6	FR 31 105,7	FR 31 105,8	FR 31 105,9	FR 31 105,10	FR 31 105,11
# Forage	Kn-39	KN-31	KN-32	KN-33	KN-34	KN-35	KN-36
Profondeur	136,00	105,60	106,60	107,60	108,60	109,60	110,60
Minéral	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat
Échantillon	C-8-GRE	105.6-1-Gre	105.6-1-Gre	105.6-1-Gre	105.6-1-Gre	105.6-1-Gre	105.6-1-Gre
SiO2	36,39	38,80	39,43	39,13	38,86	38,44	38,90
TiO2	0,11	0,17	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00
Al2O3	20,85	21,55	21,33	21,30	21,54	21,48	21,73
FeO	33,18	10,08	10,88	13,54	14,65	13,68	12,66
MgO	2,04	1,32	1,22	2,46	3,03	2,63	2,65
MnO	1,08	24,17	24,00	21,61	19,84	19,95	21,11
CaO	5,69	4,03	3,73	2,91	2,78	2,93	3,42
Cr2O3	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	99,45	100,12	100,59	100,95	100,70	99,56	100,47
Si	5,97	6,22	6,30	6,23	6,18	6,17	6,19
Ti	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
Al	3,89	3,93	3,88	3,86	3,90	3,93	3,94
Ali	0,03	-0,22	-0,30	-0,23	-0,18	-0,17	-0,19
Fe	4,55	1,35	1,45	1,80	1,95	1,84	1,68
Mg	0,50	0,32	0,29	0,58	0,72	0,63	0,63
Mn	0,15	3,28	3,24	2,91	2,67	2,71	2,84
Ca	1,00	0,69	0,64	0,50	0,47	0,50	0,58
Cr	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
total	16,12	15,60	15,50	15,65	15,71	15,66	15,68
Si	2,99	3,11	3,15	3,11	3,09	3,09	3,10
Al	1,95	1,97	1,94	1,93	1,95	1,96	1,97
Fe	2,28	0,68	0,73	0,90	0,97	0,92	0,84
Mn	0,08	1,64	1,62	1,46	1,34	1,36	1,42
Mg	0,25	0,16	0,15	0,29	0,36	0,31	0,31
Ca	0,50	0,35	0,32	0,25	0,24	0,25	0,29
Total	3,10	2,82	2,81	2,90	2,91	2,84	2,87
Almandin Fe	73,41	23,96	25,82	31,10	33,52	32,32	29,34
Pyrope Mg	8,04	5,59	5,16	10,07	12,36	11,08	10,95
Spessartite Mn	2,42	58,18	57,68	50,27	45,98	47,74	49,55
Grossulaire Ca	16,13	12,27	11,34	8,56	8,15	8,87	10,16

Lame Mince	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71	MM 90-71
# Forage	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31
Profondeur	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00	92,00
Minéral	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat	Grenat
Échantillon	A-1-GRE	A-2-GRE	A-3-GRE	A-4A-GRE	A-4B-GRE	A-5A-GRE	A-5B-GRE	A-6-GRE
SiO ₂	37,60	37,30	36,66	37,45	37,56	37,93	37,65	37,37
TiO ₂	0,22	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,18	0,12
Al ₂ O ₃	20,73	20,53	20,36	21,14	20,77	20,93	21,19	20,96
FeO	30,38	32,84	31,98	31,99	31,47	32,84	32,85	31,37
MgO	2,49	1,98	1,63	1,64	1,69	2,93	2,94	1,34
MnO	6,67	5,13	6,07	5,24	6,14	3,64	3,51	6,39
CaO	2,69	1,78	1,94	1,65	1,85	2,13	1,99	1,79
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Total	100,78	99,56	99,20	99,11	99,48	100,40	100,31	99,62
Si	6,08	6,13	6,07	6,15	6,16	6,13	6,08	6,13
Ti	0,03	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Al	3,82	3,84	3,83	3,95	3,88	3,85	3,90	3,91
Ali	-0,08	-0,13	-0,07	-0,15	-0,16	-0,13	-0,08	-0,13
Fe	4,11	4,51	4,42	4,39	4,31	4,43	4,44	4,30
Mg	0,60	0,48	0,40	0,40	0,41	0,71	0,71	0,33
Mn	0,91	0,71	0,85	0,73	0,85	0,50	0,48	0,89
Ca	0,47	0,31	0,34	0,29	0,32	0,37	0,34	0,31
Cr	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
total	15,93	15,86	15,93	15,76	15,78	15,85	15,89	15,79
Si	3,04	3,06	3,03	3,07	3,08	3,06	3,04	3,06
Al	1,91	1,92	1,92	1,97	1,94	1,92	1,95	1,96
Fe	2,05	2,25	2,21	2,19	2,16	2,22	2,22	2,15
Mn	0,46	0,36	0,43	0,36	0,43	0,25	0,24	0,44
Mg	0,30	0,24	0,20	0,20	0,21	0,35	0,35	0,16
Ca	0,23	0,16	0,17	0,15	0,16	0,18	0,17	0,16
Total	3,04	3,01	3,01	2,90	2,95	3,00	2,99	2,91
Almandin Fe	67,48	74,90	73,49	75,57	73,06	73,83	74,33	73,77
Pyrope Mg	9,86	8,05	6,68	6,91	6,99	11,74	11,86	5,62
Spessartite Mn	15,01	11,85	14,13	12,54	14,44	8,29	8,04	15,22
Grossulaire Ca	7,66	5,20	5,71	4,99	5,50	6,14	5,77	5,39

Lame Mince	FR 26 70.9	FR 26 70.9	FR 31 105.6	FR 31 105.6	FR 31 105.6	FR 31 105.6	FR 31 105.6	FR 31 105.6
# Forage	KN-26	KN-26	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31	KN-31
Profondeur	70,90	70,90	105,60	105,60	105,60	105,60	105,60	105,60
Mijnéral	Muscovite	Muscovite	Muscovite	Muscovite	Muscovite	Muscovite	Muscovite	Muscovite
# Analyse	70.9-1-Mus	70.9-2-Mus	105.6-1-Mus	105.6-2-Mus	105.6-3-Mus	105.6-4-Mus	105.6-5-Mus	105.6-6-Mus
SiO ₂	46,42	46,86	46,87	46,39	47,98	47,34	47,29	46,52
TiO ₂	0,39	0,29	0,19	0,32	0,00	0,27	0,23	0,49
Al ₂ O ₃	33,97	33,19	34,07	35,25	33,63	35,54	34,68	33,64
FeO	2,37	3,23	2,38	2,48	3,24	2,13	2,75	3,06
MgO	1,31	1,48	0,90	0,68	1,25	0,73	0,82	0,95
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,00	0,38	0,47	0,71	0,42	0,22	0,51
K ₂ O	11,78	11,45	10,77	11,25	10,78	11,39	10,89	11,03
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	96,24	96,50	95,56	96,84	97,59	97,82	97,00	96,20
H ₂ Oconst.	3,76	3,50	4,44	3,16	2,41	2,18	3,00	3,80
Si	6,19	6,25	6,26	6,19	6,40	6,32	6,31	6,21
Ti	0,04	0,03	0,02	0,03	0,00	0,03	0,02	0,05
Al	5,34	5,22	5,36	5,54	5,29	5,59	5,45	5,29
Fe	0,26	0,36	0,27	0,28	0,36	0,24	0,31	0,34
Mg	0,26	0,29	0,18	0,14	0,25	0,15	0,16	0,19
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,10	0,12	0,18	0,11	0,06	0,13
K	2,00	1,95	1,83	1,91	1,83	1,94	1,85	1,88
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F-OH	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
O	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Stoéchiométrie								
Si-Al	11,53	11,47	11,62	11,74	11,69	11,91	11,77	11,50
Al+Ti+Fe+Mn+Mg	4,10	4,15	4,08	4,18	4,30	4,32	4,27	4,08
Ca+Na+K+Ba	2,00	1,95	1,93	2,04	2,02	2,05	1,91	2,01
Total:	14,10	14,10	14,01	14,22	14,32	14,37	14,18	14,09

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGHA, U., et CHRYSOULIS, S. L. 1991. Technical Report on the "Invisible " gold content of sulfide minerals from the Frotet lake prospect, Quebec. Noranda Exploration Company, Ltd.
- BARNICOAT, A. C., FARE, R. J., GROVES, D. I., et MCNAUGHTON, N. J. 1991. Synmetamorphic lode-gold deposits in high-grade Archean settings *Geology*, **19**: 921-924.
- BEANE, R. E. 1974. Biotite Stability in the Porphyry Copper Environment. *Economic Geology*, **69**: 241-256.
- BENCE, A. E., et ALBEE, A. L. 1968. Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxydes. *Journal of Geology*, **76**: 382-404.
- BENN, K., SAWYER, E. W., et BOUCHEZ, J.-L. 1992. Orogen parallel and transverse shearing in the Opatica belt, Quebec: implications for the structure of the Abitibi Subprovince. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **29**: 2429-2444.
- BLUNDY, J. D., et HOLLAND, J. B. 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **104**: 208-224.
- BUREAU, S. 1980. Zones de brèches associées à des gîtes de porphyres cuprifères dans la région de Chibougamau, Chibougamau, Québec. Thèse M. Sc. A. non publiée, Université du Québec à Chicoutimi. Chicoutimi, Québec.
- BURROWS, D. R., et SPOONER, E. T. C. 1986. The McIntyre Cu-Au Deposit, Timmins Ontario, Canada. *Dans Proceedings of Gold '86, an International Symposium on the Geology of Gold. Éditeur: A. J. MacDonald. Toronto, pp. 23-39.*

- CARSON, D. J. T. 1990. Mineralogy and predictive metallurgy of the Frotet lake deposit. Minnova Inc. Rapport interne.
- CHOWN, E. H., HICKS, J., PHILLIPS, G. N., et TOWNEND, R. 1984. The Disseminated Archaean Big Bell Gold Deposit, Murchison Province, Western Australia: An Example of Pre-Metamorphic Hydrothermal Alteration. *Dans* Gold '82. *Éditeurs*: R. P. Foster. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 305-324.
- CLARK, M. E., KROGH, T. E., et ARCHIBALD, D. A. 1990. U-Pb zircon and rutile ages and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ biotite ages for the Victory Mine, Kambalda, Western Australia: constraints on the age and P-T-Time conditions of mineralization. *Dans* NUNA Conference Volume, *Éditeurs*: F. Robert, P.A. Sheahan, S.B. Green. Association géologique du Canada-Division des gîtes minéraux, Val d'Or. pp. 144-145.
- COLVINE, A. C., et SUTHERLAND, I. G. 1979. Early Precambrian Porphyry Deposits. Ontario Geological Survey Miscellaneous Paper 90: 230-232.
- COLVINE, A. C., FYON, J. A., HEATHER, K. B., MARMOUNT, S., SMITH, P. M., et TROOP, D.G. 1988. Archean lode gold deposit in Ontario. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 139, 136 p.
- COUTURE, J. F., et GUHA, J. 1990. Relative timing of emplacement of an Archean lode-gold deposits in an amphibolite terrane: the Eastmain River deposits, northern Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **27**: 1621-1636.
- DAIGNEAULT, R., et ARCHAMBAULT, G. 1990. Les grands couloirs de déformation de la sous-province de l'Abitibi. *Dans* La Ceinture Polymétallique du Nord-Ouest Québécois: Synthèse de 60 ans d'exploration minière. *Éditeurs*: M. Rive, P. Verpaelst, Y. Gagnon, J.-M. Lulin, G. Riverin, et A. Simard. Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie, Volume Spécial no 43, pp. 43-64.
- FERRY, J. M., et SPEAR, F. S. 1978. Experimental Calibration of the Partitioning of Fe and Mg between Biotite and Garnet. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **66**: 113-117.

- FRANKLIN, J. M., et THORPE, R. I. 1982. Comparative metallogeny of the Superior, Slave and Churchill Provinces. *Dans* Precambrian Sulfide Deposits (H.S. Robinson Memorial Volume). *Éditeurs*: W. Hutchinson, C. D. Spence, et J. M. Franklin. Geological Association of Canada, Special Paper 25, 791p.
- Fraser, R. J. 1993. The Lac Troilus Gold-Copper Deposits, Northwestern Quebec. A possible Archean Porphyry System. *Economic Geology*, **88**: 1688-1699.
- GAÁL, G., et ISOHANNI, M. 1979. Characteristics of Igneous and Various Wall Rocks in Some Precambrian Porphyry Copper-Molybdenum Deposits in Pohjanmaa, Finland. *Economic Geology*, **74**: 1198-1210.
- GÉLINAS, L., BROOKS, C., PERRAULT, G., CARIGNAN, J., TRUDEL, P., et GRASSO, F. 1977. Chemo-stratigraphic divisions within the Abitibi Volcanic Belt, Rouyn-Noranda, Québec. *Dans* Volcanic regimes in Canada. *Éditeurs*: W. R. A. Baragar, L. C. Coleman, et J. H. Hall. Geological Association of Canada, Special Paper 16., pp. 265-295.
- GOLDING, S. D., et WILSON, A. F. 1982. Geochemical and Stable Isotopic Studies of the Crown and Mararoa Reefs, Norseman Western Australia. *Revista Brasileira de Geociencias*, **12** (1-3): 445-456.
- GRAMBLING, J. A. 1981. Pressures and temperatures in Precambrian metamorphic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, **53**: 63-68.
- GRANT, J. A. 1986. The Isocon Diagram-A Simple Solution to Gresen's Equation for Metasomatic Alteration. *Economic Geology*, **81**: 1976-1982.
- GROVES, D. I., BARLEY, M. E., et HO, S. E. 1988. Nature, Genesis and tectonic Setting of Mesothermal Gold Mineralization in the Yilgarn Block, Western Australia. *Economic Geology Monograph*, **6**: 71-85.
- Groves, D. I., Barley, M. E., K.C., C., Fare, R. J., Hagemann, S. G., Ho, S. E., Hronsky, J. M. A., Mikucki, E. J., Mueller, A. G., McNaughton, N. J., Perring, C. S., Ridley, J. R. et Vearncombe, J. R. 1992. Sub-greenschist to granulite-hosted Archaean lode-gold deposits of the Yilgarn craton: A depositional

continuum from deep-sourced hydrothermal fluids in crustal-scale plumbing systems. *Dans* The Archean: terrains, processes and metallogeny. *Éditeurs* J. E. Glover et S. E. Ho. Perth 1990. Proceedings Volume. The University of Western Australia, Pub. No. 22: 325-338.

- GUHA, J. 1984. Hydrothermal systems and correlation of mineral deposits in the Chibougamau mining district – an overview. *Dans* Chibougamau – Stratigraphy and Mineralization. *Éditeurs*: J. Guha et E. H. Chown. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume no 34, pp. 517-534.
- GUHA, J., DUBÉ, B., PILOTE, P., CHOWN, E. H., ARCHAMBAULT, G. AND BOUCHARD, G. 1988. Gold mineralization patterns in relation to the lithologic and tectonic evolution of the Chibougamau mining district, Quebec, Canada. *Mineralium Deposita*, **23**: 293-298.
- GUHA, J., LANGE-BRAND, F., PÉLOQUIN, S., TREMBLAY, A., RACICOT, D., et BUREAU, S. 1984. Devlin Deposit, a part of an Archean porphyry system ? *Dans* Chibougamau – Stratigraphy and Mineralization. *Éditeurs*: J. Guha et E. H. Chown. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume no 34, pp. 345-356.
- GUIDOTTI, C. V. 1984. Micas in metamorphic rocks. *Dans* Micas. *Éditeur*: S. W. Bailey. Mineralogical Society of America, 13, pp. 357-455.
- GUNTER, W. L. 1977. Région du Lac Bueil. Ministère des Richesses Naturelles, RG-189, 113 p.
- HARRIS, D. C. 1986. Mineralogy and Geochemistry of the Main Hemlo Gold Deposit, Hemlo, Ontario, Canada. *Dans* Proceedings of Gold '86, an International Symposium on the Geology of Gold. *Éditeur*: A. J. MacDonald. Toronto, pp. 297-310.
- HEY, M. H. 1954. A new review of the chlorites. *Mineralogical Magazine*, **30**: 277-292.

- HOCQ, M. 1978. Région du lac Miskittenau. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, DPV-550, 89p.
- JACOBS, D. C., et PARRY, W. T. 1979. Geochemistry of Biotite in the Santa Rita Porphyry Copper Deposits, New Mexico. *Economic Geology*, **74**: 860-887.
- JENSEN, L. S. 1976. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 66, 22p.
- KERRICH, R. 1983. Geochemistry of Gold Deposits in the Abitibi Greenstone Belt. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 27, 75 p.
- KIRKHAM, R. V. 1972. Porphyry Deposits. Geological Survey of Canada Paper 72-1B: 62-64.
- LAIRD, J., et ALBEE, A. L. 1981. Pressure, Temperature, and Time Indicators in Mafic Schist: Thier Application to Reconstructing the Polymetamorphic History of Vermont. *American Journal of Science*, **281**: 127-175.
- LEAKE, B. E. 1978. Nomenclature of Amphiboles. *Canadian Mineralogist*, **16**: 501-520.
- LE BEL, L. 1979. Micas magmatiques et hydrothermaux dans l'environnement du porphyre cuprifère de Cerro Verde, Santa Rosa, Pérou. *Bulletin Minéralogique*, **102**: 35-41.
- LEMAÎTRE, R. W. 1976. The Chemical Variability of some Common Igneous Rocks. *Journal of Petrology*, **17** (Part 4): 589-637.
- MAGNAN, M. 1990a. Étude de la zonation métallique, de l'altération en biotite et des zones aurifères et cuprifères, Zone 87. Projet Frotet-Troilus. Minnova Inc. Rapport interne.
- MAGNAN, M. 1990b. Rapport lithogéochimique: région de Troilus Nord. Minnova Inc. Rapport interne.

- MARMOUNT, S. 1986. The Geological Setting of the Detour Lake Gold Mine, Ontario, Canada. *Dans* Proceedings of Gold '86, an International Symposium on the Geology of Gold. *Éditeurs*: A. J. MacDonald. Toronto, pp. 81-96.
- MASON, R., et MELNIK, N. 1986. The Anatomy of an Archean Gold System — The McIntyre-Hollinger Complex at Timmins, Ontario, Canada. *Dans* Proceedings of Gold '86, an International Symposium on the Geology of Gold. *Éditeurs*: A. J. MacDonald. Toronto, pp. 40-55.
- MCMILLAN, W. J., et PANTELEYEV, A. 1988. Porphyry Copper Deposits. *Dans* Ore Deposit Models. *Éditeurs*: R. G. Roberts et P. A. Sheahan. Geoscience Canada, pp. 45-58.
- MIYASHIRO, A. 1973. Metamorphism and metamorphic belts. Allen & Unwin, London. 492 p.
- MONIER, G., et ROBERT, J. L. 1986. Muscovite solid solutions in the system K_2O - MgO - FeO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O : an experimental study at 2kbar PH_2O and comparaison with natural Li-free white micas. *Mineralogical Magazine*, **50**: 257-266.
- MUELLER, A. G. 1991. Petrogenesis of amphibole-biotite-calcite-plagioclase alteration and laminated gold-silver veins in four Archean shear zones of the Norseman district, Western Australia.; *Canadian Journal of Earth Sciences*, **29**: 388-417.
- MUELLER, A. G. AND GROVES, D. I. 1991. The classification of Western Australian greenstone-hosted gold deposits according to wallrock-alteration mineral assemblages. *Ore Geology Reviews*, **6**: 291-331.
- MURPHY, D. L. 1966. Région des lacs Frotet et Troilus, territoires d'Abitibi et Mistassini. Ministère des Richesses naturelles du Québec, RG-123, 40p.
- PHILLIPS, G. N., et DE NOOY, D. 1988. High-grade metamorphic processes which influence Archaean gold deposits, with particular reference to Big Bell, Australia. *Journal of Metamorphic Geology*, **6**: 95-114.

- PHILLIPS, G. N. 1990. Wallrock alteration and P-T environments fo gold deposition. *Dans* NUNA Conference Volume, *Éditeurs*: F. Robert, P.A. Sheahan, S.B. Green. Association géologique du Canada-Division des gîtes minéraux, Val d'Or. pp. 98-99.
- RICHARDSON, S. V., KESLER, S. E., et ESSENE, E. J. 1986. Origin and Geochemistry of the Chapada Cu-Au Deposit, Goias, Brazil: A Metamorphosed Wall-Rock Porphyry Copper Deposit. *Economic Geology*, **81**: 1884-1898.
- ROBERT, F. 1990. An overview of gold deposits in the eastern Abitibi subprovince. *Dans* The Northwestern Quebec Polymetllic Belt. *Éditeurs*: M. Rive et al. Canadian Institute of Mining and Metallurgy., Special Volume 43, pp. 93-105.
- ROBERTS, R. G. 1987. Ore deposits models No. 11. Archean gold deposits. *Geoscience Canada*, **14**: 37-52.
- RONDOT, J. 1972. Région du Lac Regneault, territoire d'Abitibi. Ministère des Richesses Naturelles, RG-149, 54 p.
- ROTH, E., et GROVES, D. 1991. Primary mineralization at the Boddington Gold mine, Western Australia: An Archaean porphyry Cu-Au-Mo deposits. *Dans* Brazil Gold'91. *Éditeur*: E. A. Ladeira. Balkema, Rotterdam, pp. 481-488.
- ROY, C. 1986. Géologie de la partie orientale de la région des lacs Frotet et Domergue. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, ET-84-08, 31p.,
- SAWKINS, F. J. 1990. Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics. 2 ed. *Editeur* P. J. Wyllie. Minerals and Rocks. Springer-Verlag.
- SAWYER, E. W., et BENN, K. Sous-presse. Structure of the high-grade Opatica belt and adjacent low-grade Abitibi sub-province: an archaean mountain front. *Journal of Structural Geology*.

- SILLITOE, R. H. 1990. Gold-Rich Porphyry Copper Deposits: Geological Model and Exploration Implications. Geological Association of Canada, Ottawa, Canada.
- SIMARD, A. 1987. Stratigraphie et volcanisme dans la partie orientale de la bande volcano-sédimentaires archéenne Frotet-Evans. Ministère Énergie et Ressources du Québec, MB 87-17, 320 p.
- SPEAR, F. S., et KIMBALL, K. L. 1984. RECOMP- A Fortran IV Program for Estimating Fe^{3+} Contents in Amphiboles. Computers & Geosciences, **10** (2-3) : 317-325.
- SPEIDEL, F. 1991. Frotet-Troilus: A new mining camp !. Texte de conférence, Minnova Inc. Rapport interne.
- SUTHERLAND BROWN, A. 1976. Morphology and Classification. *Dans* Porphyry Deposits of the Canadian Cordillera. *Éditeurs*: A. Sutherland Brown. Canadian Inst. Mining Metallurgy, Special Vol. 15, pp. 44-51.
- TANER, M. F., TRUDEL, P., et PERRAULT, G. 1986. Géochimie de la biotite associée à certains gisements d'or de Val d'Or, Malartic et Chibougamau, Québec. Canadian Mineralogist, **24**: 761-774.
- THIBAUT, P. 1985. Application de la méthode de datation U-Pb (zircon) à des roches âgées des ensembles volcano-sédimentaires archéens de l'Abitibi et de Frotet-Evans. Mémoire de maîtrise (M. Sc.), Université de Montréal. Montréal, Québec.
- THOMSON, M. L. 1991. Wall-rock alteration related to Au mineralization in the low amphibolite facies: Crixás Gold Mine, Goiás, Brazil. Canadian Mineralogist, **29**: 461-480.
- TURNER, F. J. 1981. Metamorphic petrology-mineralogical, field and tectonic Aspects. Deuxième édition. McGraw-Hill, New York.

- WILLIAMS, P. J. 1991. Geology, alteration and mesothermal Au-Ag-mineralization associated with a volcanic-intrusive complex at Shamrock-Mt. Ophir, SE Queensland. *Mineralium Deposita*, **26**: 11-17.
- WITT, W. K. 1991. Regional metamorphic controls on alteration associated with gold mineralization in the Eastern Goldfields province, Western Australia: Implications for the timing and origin of Archean lode-gold deposits. *Geology*, **19**: 982-985.
- YARDLEY, B. W. 1989. An introduction to metamorphic petrology. *Edit   par*: J. Zussman et W. S. MacKenzie. Longman Earth science series. John Wiley & Sons, Inc., New York. 248 p.