

UNIVERSITE DE MONTREAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

Ce mémoire intitulé:

GITOLOGIE DE L'OR A LA MINE ELDER
CANTON BEAUCHASTEL, ABITIBI, QUEBEC

présenté par: Raymond Gaulin

en vue de l'obtention du grade de: Maître ès sciences
appliquées (M.Sc.A.)

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de:

M. Richard Darling, Ph.D., président

M. Pierre Trudel, Ph.D.

M. Martin Walters, Ph.D.



Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Mise en garde

La bibliothèque du Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue et de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue a obtenu l'autorisation de l'auteur de ce document afin de diffuser, dans un but non lucratif, une copie de son œuvre dans Depositum, site d'archives numériques, gratuit et accessible à tous.

L'auteur conserve néanmoins ses droits de propriété intellectuelle, dont son droit d'auteur, sur cette œuvre. Il est donc interdit de reproduire ou de publier en totalité ou en partie ce document sans l'autorisation de l'auteur.

UNIVERSITE DE MONTREAL

GITOLOGIE DE L'OR A LA MINE ELDER
CANTON BEAUCHASTEL, ABITIBI, QUEBEC

par

Raymond GAULIN

DEPARTEMENT DE GENIE MINERAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

MEMOIRE PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION
DU GRADE DE MAITRE ES SCIENCES APPLIQUEES (M.Sc.A.)

MAI 1988

c Raymond Gaulin 1988



RESUME

Le gîte d'or de la mine Elder est situé à 10 km au nord-ouest de Rouyn-Noranda, en bordure sud-est du batholite de Flavrian. Ce batholite d'une superficie de 132 km² est une intrusion syn-tectonique de nature felsique dans les roches volcaniques archéennes du Groupe de Blake River. Le gîte Elder est situé entre les failles de Que-sabe et de Beauchastel d'orientation NE-SO, et à 1,5 km au nord-est de la faille de Smoky Creek, de direction NO-SE.

La zone minéralisée (veines nos 1, 3 et 5), de direction variant de N50°E à N83°E et à pendage moyen de 28°SE, est une série de veines bréchiques de 0,3 à 3,0 mètres d'épaisseur s'étendant sur une longueur de 780 mètres. De 1947 à 1966, on a extrait de la mine Elder 2,1 Mt de minerai à une teneur moyenne de 5,14 g/t Au, pour une production totale de 10,8 tonnes d'or.

Les roches intrusives du batholite de Flavrian contiennent cinq faciès lithologiques: ce sont le gabbro quartzifère de l'unité de Méritens, les brèches, les trondhjémites, la tonalite et les roches hybrides; les roches encaissantes de la mine Elder sont composées des trois derniers faciès. La veine aurifère principale (veine no 1)

est située dans les trondhjémites au contact d'une bande de roches hybrides de direction NE-SO. Un dyke mafique, communément appelé "dyke basique", très altéré de composition dioritique est intimement associé à la zone minéralisée.

La zone minéralisée est fortement carbonatisée et pyritisée, légèrement enrichie en hématite et en rutile, et faiblement appauvrie en séricite et en chlorite. La pyritisation s'est effectuée aux dépens de la chlorite et de la magnétite qui sont quasi absentes de la zone minéralisée. Géochimiquement, ces changements minéralogiques correspondent à des enrichissements en CaO , MgO , CO_2 , S, TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO et P_2O_5 et à des appauvrissements en SiO_2 , Na_2O , Al_2O_3 et H_2O .

Les fluides hydrothermaux à l'origine de la minéralisation aurifère ont provoqué une altération des roches encaissantes sur une largeur moyenne de 25 mètres de part et d'autre de la zone minéralisée. L'intensité de l'altération et la largeur de la zone altérée sont légèrement plus importantes dans le mur que dans le toit de la zone minéralisée. Contrairement aux fragments de la zone minéralisée qui sont appauvris en Na_2O et en Al_2O_3 , les épontes sont fortement albitisées et enrichies en ces oxydes.

De chaque côté de la zone minéralisée, les épontes sont enrichies en Au sur une distance d'environ huit mètres. Par rapport au bruit de fond du batholite (0,8 ppb Au), le facteur d'enrichissement moyen en Au des veines nos 1, 3 et 5 de la zone minéralisée est de 8 313. Contrairement aux autres gîtes d'or de la région de l'Abitibi, le gîte de la mine Elder ne montre aucun enrichissement significatif en As, Sb et W. L'argent est le seul élément en traces indiquant un facteur d'enrichissement appréciable: ce facteur atteint 403 dans la veine no 3. Les teneurs en Ag, As, Cu, La, Ce, Nd, Sm et Tb sont plus élevées dans les veines nos 3 et 5, situées dans les roches hybrides, que dans la veine no 1, située dans la trondhjémite. En général, par rapport à la trondhjémite fraîche, les éléments des terres rares sont appauvris dans la zone minéralisée. Cet appauvrissement est plus marqué dans la veine no 1 que dans les autres veines.

Les grains d'or de diamètre moyen de 0,018 millimètre sont majoritairement liés à la pyrite qui est surtout distribuée dans les fractures et en bordure des fragments de trondhjémite ou de diorite altérée ("dyke basique") de la zone minéralisée. Le titre de l'or varie entre 86,1% Au et 13,9% Ag en poids pour la veine no 1, et 92,9% Au et 7,1% Ag pour la veine no 5.

Les échantillons de veines et de roches du gîte Elder contiennent deux types de quartz: le quartz précoce Q_1 et le quartz tardif Q_2 , en quantité moindre que Q_1 . La température d'homogénéisation des inclusions fluides permet de distinguer deux régimes thermiques différents: l'un, à l'origine du quartz Q_1 formé à une température d'environ 200°C , et l'autre, responsable du quartz Q_2 formé entre 250° et 308°C .

Le gîte Elder a été formé par deux types de fluides hydrothermaux: celui de la veine no 5, à salinité élevée (15% pds éq. NaCl) de type chlorure, principalement de composition NaCl et CaCl_2 , et celui des veines nos 1 et 3, à salinité moindre (8,5 à 12% pds éq. NaCl), pauvre en chlore, de type Na-S. Les résultats d'analyses des roches de la zone minéralisée confirment que les veines nos 1, 3 et 5 ont été formées par des fluides hydrothermaux différents.

ABSTRACT

The former Elder mine is located 10 kilometres northwest of Rouyn-Noranda. The Elder gold deposit occurs within the Flavrian Batholith, near its southeastern margin. The Flavrian Batholith, which covers an area of 132 km², is a syn-tectonic felsic intrusion within the Archean volcanic rocks of the Blake River Group. The Elder gold deposit lies between the Quesabe and Beauchastel Faults, which strike NE-SW, and 1.5 km north of the Smoky Creek Fault, which strikes NW-SE.

From 1947 to 1966, the Elder mine produced 10.8 tonnes of gold from 2.1 Mt of ore with a grade of 5.14 g/t Au. The mineralized zone, which comprises veins nos 1, 3 and 5, has a strike between N50°E and N83°E and an average dip of 28°SE, and consists of a series of brecciated veins 0.3 to three metres wide and 780 metres long.

The intrusive rocks of the Flavrian Batholith are divided into five facies: quartz-gabbro of the Meritens Unit, breccia, trondhjemites, tonalite and hybrid rocks. The host rocks of the Elder gold deposit are trondhjemites, tonalites and hybrid rocks. The principal gold-bearing vein (no 1) occurs within trondhjemites close to the contact with a band of hybrid rocks, which strike NE-SW.

An intensely altered dioritic dyke, known as the "basic dyke", also occurs within the mineralized zone.

The mineralized zone is strongly carbonatized and pyritized; it is slightly enriched in hematite and rutile, and slightly depleted in sericite and chlorite. The pyritization reflects a depletion in chlorite and magnetite, which are almost totally absent in the mineralized zone. Geochemically, these mineralogical changes reflect enrichment in CaO, MgO, CO₂, S, TiO₂, Fe₂O₃, MnO and P₂O₅, and depletion in SiO₂, Na₂O, Al₂O₃ and H₂O.

The hydrothermal solutions responsible for the gold mineralization also caused alteration of the wallrocks. This alteration, extending on average 25 metres either side of the mineralized zone, is slightly more intense in the footwall than in the hangingwall. Whereas fragments of the wallrocks in the mineralized zone are depleted in Na₂O and Al₂O₃, the wallrocks are highly albitized and enriched in these oxides.

The mineralized zone, comprising veins nos 1, 3 and 5, has an average gold enrichment factor of 8 313 times the background, which is 0.8 ppb Au. Gold enrichment of the

wallrocks extends about eight metres either side of the mineralized zone. In comparison with other gold deposits in the Abitibi region, the Elder gold deposit does not show significant enrichment in As, Sb, and W. Silver, with an enrichment factor of 403 in vein no 3, is the only trace element showing appreciable enrichment. The concentrations of Ag, As, Cu, La, Ce, Nd, Sm, and Tb in veins nos 3 and 5, which are hosted by hybrid rocks, are greater than those in vein no 1, which is hosted by trondhjemite. Compared with the host trondhjemite, the mineralized zone is generally depleted in the rare earth elements; this depletion is more pronounced in vein no 1.

The gold grains, which have an average diameter of 0.018 millimetres, are closely associated with the pyrite, which is often distributed in fractures and in fragments of trondhjemite and altered "basic" dyke within the mineralized zone. The gold grains have Au/Ag ratios of 86.1% Au to 13.9% Ag for vein no 1, and 92.9% Au to 7.1% Ag for vein no 5.

Rock and vein samples from the Elder gold deposit contain two types of quartz: an early quartz, Q₁, and a late quartz, Q₂, which is less abundant. Two different thermal regimes are identified: the first, at about 200°C, in

which quartz Q_1 was formed; and the second, between 250 and 308°C, in which quartz Q_2 was formed.

Two different hydrothermal solutions were responsible for the formation of the Elder gold deposit. Vein no 5 was formed by chloride-type aqueous solutions with high salinity (15% wt eq. NaCl, composed mainly of NaCl and $CaCl_2$). Veins nos 1 and 3, however, were formed by chloride-poor, Na-S type aqueous solutions (8.5 to 12% wt eq. NaCl). The results of the rock analyses from the mineralized zone confirm that veins nos 1, 3 and 5 were formed from different hydrothermal solutions.

REMERCIEMENTS

Ce projet de maîtrise s'est réalisé grâce à la participation de plusieurs individus qui m'ont facilité la tâche et qui m'ont permis d'atteindre mes objectifs dans les délais fixés. Tout d'abord, mes directeur et co-directeur, Guy Perrault et Pierre Trudel ont su organiser et planifier le projet d'une façon claire et efficace avec Martin Walters, géologue en chef de Ressources Aunore. Je souligne l'appui financier des organismes suivants: le CRSNG (octrois A-1180 à G. Perrault et A-0635 à P. Trudel), Ressources Aunore Inc. (paiement de salaire et frais de dactylographie, et de 50% des coûts des analyses) et le Collège de l'Abitibi-Témiscamingue (CAT, bourse de perfectionnement).

J'apprécie en particulier le dévouement de Pierre Trudel qui m'a dirigé et conseillé pendant ces deux années et qui a fait un examen critique, minutieux et constant de mes travaux de recherche et de mon mémoire à toutes les étapes de la rédaction.

Je remercie spécialement Martin Walters pour sa collaboration et pour les conseils judicieux qu'il m'a donnés, et Valérie Walters pour la dactylographie de la version

finale du mémoire. Je tiens à signaler la collaboration de Pierre Gagnon, géologue à la mine Elder, qui m'a servi de guide pour l'échantillonnage sous-terre et pour les informations qu'il m'a données sur la géologie de la propriété Elder. Je suis également reconnaissant envers les autres employés de Ressources Aunore qui m'ont rendu de nombreux services: Steve Migliacci, France Trépanier, Claudette Hyland, Luc Brousseau, Yves Brousseau et Jacques Baril.

Plusieurs personnes du département de génie minéral de l'Ecole Polytechnique ont contribué à la réalisation de ce projet: Philippe Gélinas pour la préparation des échantillons; Victor Kubat, Christian Dallaire et Jean-Luc Bastien pour les analyses chimiques et André Lacombe pour ses dessins de bonne qualité. Aussi, je remercie Cecilia Jenkins pour avoir fait mes analyses à la microsonde et Lao Kheang pour l'étude qu'il a produite sur les inclusions fluides.

J'apprécie grandement le service que m'a rendu la direction du CAT en m'accordant l'accès aux locaux et à l'équipement de microscopie pour les analyses pétrographiques. Je remercie également Sonia Audet du collège pour avoir fabriqué, dans les délais prévus, des lames minces de très bonne qualité.

Enfin, je suis très reconnaissant envers Monique Boivin qui m'a été d'une aide indispensable pour la vérification des données, pour la rédaction et pour le montage du mémoire.

Je félicite mon garçon Mathieu pour la patience qu'il a démontrée: je lui promets de rattraper les nombreuses heures de jeu qui ont dû être reportées à plus tard.

TABLE DES MATIERES

Attestation.....	ii
Titre.....	iii
Résumé.....	iv
Abstract.....	viii
Remerciements.....	xii
Table des matières.....	xv
Liste des figures.....	xviii
Liste des tableaux.....	xxiii
Liste des annexes.....	xxiv
Liste des cartes.....	xxv
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 2 GEOLOGIE GENERALE.....	3
CHAPITRE 3 GEOLOGIE REGIONALE.....	8
3.1 Généralités.....	8
3.2 Divisions chimico-stratigraphiques.....	11
3.3 Principaux éléments structuraux.....	15
3.4 Interprétation génétique du Groupe de Blake River.....	17
CHAPITRE 4 GEOLOGIE DU BATHOLITE DE FLAVRIAN.....	19
4.1 Généralités.....	19
4.2 Principaux faciès lithologiques.....	22
4.3 Autres types lithologiques.....	25
4.4 Pétrogénèse.....	28

CHAPITRE 5	HISTORIQUE ET GEOLOGIE DE LA MINE ELDER..	30
5.1	Historique des propriétés.....	30
5.1.1	Introduction.....	30
5.1.2	Propriété Elder.....	30
5.1.3	Propriété Elder-Sud.....	35
5.1.4	Propriété Tagami.....	36
5.2	Géologie de la mine Elder.....	37
5.2.1	Introduction.....	37
5.2.2	Roches encaissantes et épontes.....	39
5.2.3	Zone minéralisée.....	45
5.2.4	Dyke "basique".....	50
CHAPITRE 6	PETROGRAPHIE.....	57
6.1	Introduction.....	57
6.2	Roches encaissantes.....	58
6.3	Epontes.....	73
6.4	Zone minéralisée.....	80
CHAPITRE 7	MINERAGRAPHE.....	88
7.1	Introduction.....	88
7.2	Principales phases minéralogiques.....	88
7.3	Caractéristiques des grains d'or.....	101
CHAPITRE 8	GEOCHIMIE ET ALTERATION.....	106
8.1	Introduction.....	106
8.2	Roches encaissantes.....	108

8.3 Epontes et zone minéralisée.....	112
8.3.1 Eléments majeurs.....	112
8.3.2 Eléments traces et terres rares.....	121
8.3.3 Dyke "basique".....	133
8.4 Distribution de l'or.....	135
CHAPITRE 9 INCLUSIONS FLUIDES.....	140
9.1 Introduction.....	140
9.2 Types de quartz.....	141
9.3 Types d'inclusions fluides.....	141
9.4 Principaux éléments présents.....	146
9.5 Conclusion.....	151
CHAPITRE 10 CONCLUSION.....	153
BIBLIOGRAPHIE.....	158
ANNEXES.....	167

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Carte géologique de la ceinture de l'Abitibi.....	4
Figure 3.1 : Carte géologique et structurale simplifiée de la région de Rouyn-Noranda.....	10
Figure 3.2 : Esquisse des divisions géochimiques du Groupe de Blake River.....	13
Figure 4.1 : Carte géologique du batholite de Flavrian.....	21
Figure 5.1 : Localisation des propriétés Elder, Elder-Sud et Tagami.....	31
Figure 5.2 : Xénolithes de gabbro quartzifère avec une auréole quartzo-feldspathique dans une matrice trondhjémitique.....	42
Figure 5.3 : Zone minéralisée (veine no 1): fragments de trondhjémitite pyritisés dans la matrice de quartz blanc.....	42
Figure 5.4 : Zone minéralisée (veine no 5): fragments de trondhjémitite et du dyke "basique" dans la matrice de quartz.....	46
Figure 5.5 : Zone minéralisée (veine no 3): diorite quartzifère minéralisée contenant environ 15% de pyrite.....	48
Figure 5.6 : Veine no 1 composée du dyke "basique" et de quartz.....	48
Figure 5.7 : Veine no 1 au contact du dyke "basique"; les épontes inférieure et supérieure sont composées de trondhjémitite.....	51

Figure 5.8 : Dyke "basique" traversé par des veines de quartz et de carbonate.....	52
Figure 5.9 : Section longitudinale au niveau 10W montrant la zone anormale contenant la zone minéralisée; les coordonnées sont celles de la mine Elder.....	54
Figure 6.1 : Profil minéralogique à travers la zone minéralisée et les roches encaissantes au niveau 12.....	60
Figure 6.2 : Granitoïde quartzique: quartz anédrique, chlorite et séricite interstitielles.....	63
Figure 6.3 : Textures granophyrique et micrographique dans une trondhjémite.....	63
Figure 6.4 : Plagioclase partiellement altéré en calcite et séricite.....	67
Figure 6.5 : Hornblende altérée en magnétite, biotite et calcite dans une tonalite.....	67
Figure 6.6 : Lamprophyre composé de biotite, chlorite, calcite et plagioclase séricitisé.....	70
Figure 6.7 : Felsite gloméroporphyrique: phénocristaux de plagioclase dans une pâte microlitique.....	70
Figure 6.8 : Veine de quartz plissée et recoupée par une veine de quartz-carbonate tardive dans un dyke de felsite.....	72
Figure 6.9 : Représentation schématique de l'altération visible et cryptique des épontes au niveau 12.....	74

Figure 6.10: Aplite minéralisée composée de quartz, chlorite, plagioclase altéré et sulfures.....	79
Figure 6.11: Dyke "basique" montrant une sphérule quartzo-feldspathique dans une matrice de carbonate et chlorite.....	84
Figure 6.12: Plagioclase idiomorphe albitisé avec une couronne silicifiée.....	84
Figure 6.13: Veine de quartz grossier soudé par du quartz microscopique.....	86
Figure 7.1 : Grains de pyrite euédriques et sub-euédriques et un grain de rutile interstitiel.....	95
Figure 7.2 : Grain de pyrite avec une auréole de chlorite magnésienne et ferrifère.....	95
Figure 7.3 : Grains d'or interstitiels entre la pyrite corrodée.....	96
Figure 7.4 : Grain de pyrite partiellement remplacé par la limonite.....	96
Figure 7.5 : Amas de rutile dans la gangue, près d'un grain de pyrite.....	97
Figure 7.6 : Grain d'or près de plages d'hématite incluses dans un plagioclase.....	97
Figure 7.7 : Inclusions d'hématite, de chalcoppyrite et de minéraux de gangue dans la pyrite.....	99
Figure 7.8 : Histogramme représentant la fréquence des grains d'or en fonction de leur diamètre.....	102

Figure 7.9 :	Grain d'or près d'un grain de pyrite euédrique non fracturé.....	103
Figure 7.10:	Plusieurs grains d'or en inclusion et entre les grains de pyrite.....	103
Figure 7.11:	Filaments d'or associé à la chlorite et au carbonate en bordure de la pyrite....	104
Figure 8.1 :	Profil des éléments majeurs à travers la zone minéralisée (veine no 1) au niveau 12.....	113
Figure 8.2 :	Pourcentages des gains ou des pertes des éléments majeurs de la zone minéralisée par rapport aux roches encaissantes.....	118
Figure 8.3 :	Profil de la teneur en Au à travers la zone minéralisée au niveau 12.....	122
Figure 8.4 :	Profil de la teneur en As à travers la zone minéralisée au niveau 12.....	124
Figure 8.5 :	Profil de la teneur en Sb à travers la zone minéralisée au niveau 12.....	125
Figure 8.6 :	Diagramme d'enrichissement des éléments traces et terres rares de la zone minéralisée par rapport aux roches encaissantes.....	126
Figure 8.7 :	Diagramme des éléments des terres rares normalisés par rapport à une chondrite pour la trondhjémite fraîche et minéralisée.....	130

- Figure 8.8 : Diagramme comparatif des enrichissements en Au, As, Sb, W, Cu, Zn et Pb des gîtes Elder et Eldrich, par rapport à quelques gisements d'or de l'Abitibi..... 132
- Figure 8.9 : Diagramme AFM: division entre les champs tholéiitique et calco-alcalin d'après Irvine et Baragar (1971). Comparaison entre l'unité de Méritens et le dyke "basique" de la mine Elder..... 136
- Figure 8.10: Diagramme teneur en Au versus fréquence cumulée pour les roches encaissantes et les épontes enrichies au niveau 12..... 137
- Figure 9.1 : Quartz Q₁ (partie gris sombre) et quartz Q₂ à surface limpide de la veine no 1 [l. p., éch. N-7W-26]..... 142
- Figure 9.2 : Grain de quartz Q₁ lamellaire (bandes sub-parallèles gris foncé et gris clair) au contact d'un grain de quartz Q₂ de la veine no 5 [l. p., éch. N-7E-16]..... 142
- Figure 9.3 : Inclusions primaires disséminées et inclusions secondaires alignées dans les fractures (veine no 1). Deux types d'inclusions: carbonique = c (CO₂) et aqueux = aq (H₂O_L et H₂O_v) [l. p., éch. N-7W-26]..... 143
- Figure 9.4 : Inclusions aqua-carboniques (aqc) dans la veine no 1 [l. p., éch. N-7W-26].... 143
- Figure 9.5 : Relation entre le Na et le Cl pour les inclusions fluides des veines numéros 1 et 5..... 150

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 6.1 :	Estimation visuelle (%) de la composition minéralogique moyenne des roches encaissantes, des épontes et de la zone minéralisée.....	65
Tableau 7.1 :	Estimation visuelle de l'assemblage des minéraux métalliques de la zone minéralisée et des épontes.....	89
Tableau 7.2 :	Association et granulométrie de l'or dans la trondhjémite.....	90
Tableau 8.1 :	Gains et pertes des éléments majeurs de la trondhjémite de la zone minéralisée par rapport à la trondhjémite des roches encaissantes.....	109
Tableau 8.2 :	Facteur d'enrichissement en éléments traces et en terres rares de la zone minéralisée par rapport aux roches encaissantes au niveau 7.....	127
Tableau 8.3 :	Composition moyenne en éléments majeurs du dyke "basique", de la trondhjémite et de la zone minéralisée.....	134
Tableau 9.1 :	Salinité et température de formation des veines et des roches silicifiées du gîte Elder.....	147

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Estimation visuelle de la composition minéralogique des roches encaissantes et de la zone minéralisée au niveau l2....	167
ANNEXE 2	Résultats d'analyses des éléments majeurs de la zone minéralisée, des épontes et des roches encaissantes au niveau l2.....	172
ANNEXE 3	Résultats des analyses des éléments traces et des terres rares de la zone minéralisée et des roches encaissantes au niveau 7.....	175
ANNEXE 4	Résultats des analyses (AANI) pour Au, As, Sb et W des roches encaissantes et des épontes au niveau l2.....	178

LISTE DES CARTES

- Carte 1 : Géologie de la propriété
Elder..... en pochette
- Carte 2 : Localisation des échantillons et
plan composite, aux niveaux 7
et 12 de la mine Elder..... en pochette
- Carte 3 : Section transversale (azimut 338°)
passant par les puits no 1 et
no 2: veine no 1 et galeries
souterraines..... en pochette
- Carte 4 : Géologie et altération des épontes
et de la zone minéralisée du
niveau 12..... en pochette
- Carte 5 : Section 4950E montrant la zone
minéralisée, le dyke basique et
la zone anormale en or..... en pochette

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Le gîte d'or Elder est situé dans la partie sud de la ceinture de l'Abitibi à 10 km au nord-ouest de la ville de Rouyn-Noranda. Ce gîte, anciennement appelé la mine Peel-Elder, est encaissé dans les roches intrusives de nature felsique du batholite de Flavrian, sur les lots 49 et 50 du rang X, canton de Beauchastel.

Ce projet de maîtrise a été réalisé en collaboration avec Ressources Aunore Inc., propriétaire actuel de la mine Elder. Ce travail de recherche est la première étude détaillée de cette mine, de laquelle il fut extrait, entre 1947 et 1966, 2,1 Mt de minerai d'une teneur moyenne de 5,14 g/t Au.

Le projet consiste en une étude détaillée de la zone minéralisée et des épontes du gîte Elder en relation avec les roches encaissantes qui l'entourent. Cette étude comprend les éléments suivants:

- la description des unités lithologiques contenant la zone minéralisée,

- la définition de l'altération affectant les épontes et la zone minéralisée en fonction des changements minéralogiques et géochimiques de la roche,
- l'établissement de l'association et de la distribution de l'or dans la zone minéralisée,
- la détermination des conditions thermiques et chimiques présentes lors de la formation du gîte Elder.

Ce travail s'est réalisé à partir d'analyses pétrographiques, géochimiques (éléments majeurs et éléments traces et des terres rares) et minéragraphiques.

Cette recherche saura être utile à l'identification de nouveaux indices minéralisés et à une meilleure compréhension des gîtes aurifères que l'on retrouve dans un contexte géologique semblable à celui du batholite de Flavrian.

CHAPITRE 2

GEOLOGIE GENERALE

Depuis le début du siècle, l'intérêt économique et scientifique des roches de la ceinture de l'Abitibi a été à l'origine de plusieurs travaux d'exploration et de recherche. En effet, ce grand territoire contient de nombreux gîtes de métaux de base et précieux. Les deux principaux types de gisements exploités sont les sulfures massifs de cuivre et de zinc de type volcanogène, et les filons aurifères. Le gisement aurifère de la mine Elder dans le batholite de Flavrian appartient à ce dernier type.

La ceinture de l'Abitibi, mesurant 700 km de long par 200 km de large, est la plus grande ceinture archéenne de roches vertes du Bouclier Canadien (Goodwin et Ridler, 1970). Elle est datée à environ 2,7 Ga (Krogh et al., 1974). Cette ceinture, d'orientation générale est-ouest, est située dans la partie sud-est de la province géologique du Supérieur (fig. 2.1). Au nord, elle est bordée de roches métasédimentaires, de migmatites et de complexes massifs ou foliés de tonalite-trondhjémite-granodiorite appartenant à la sous-province de Quetico.

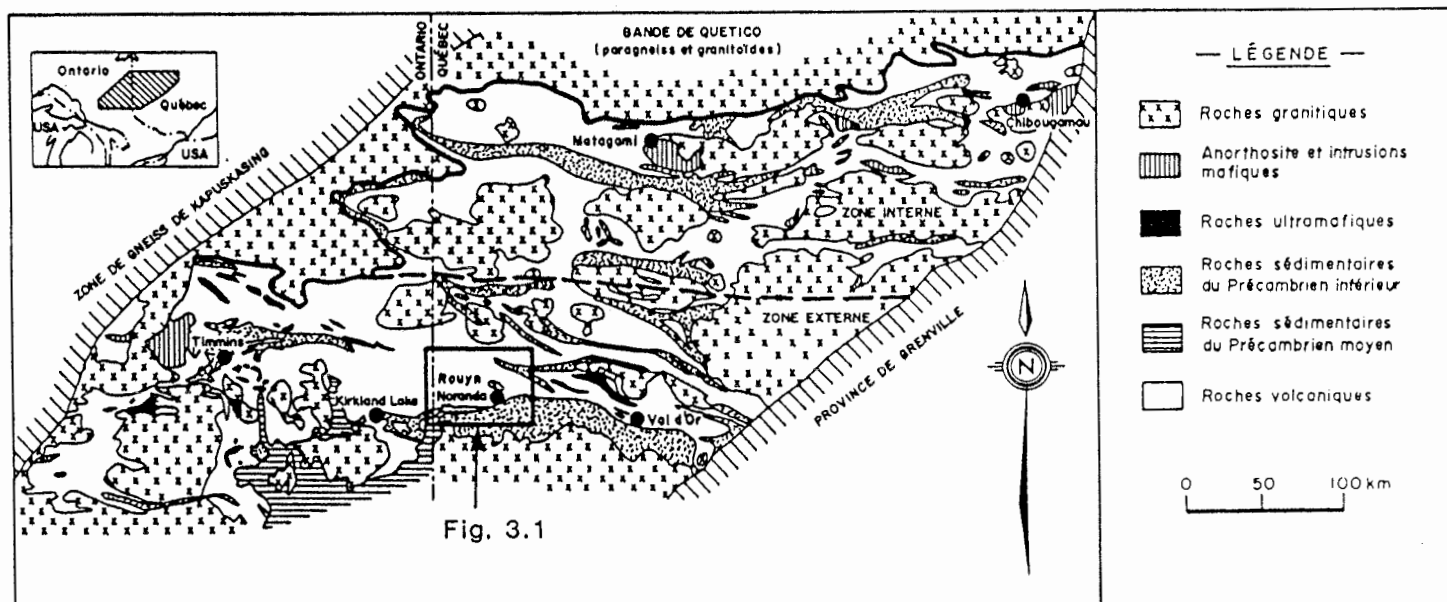


Figure 2.1 - Carte géologique de la ceinture de l'Abitibi. D'après Goodwin et Ridler (1970) modifié par Pyke et al. (1973) et Dimroth et al. (1982).

Elle est limitée à l'ouest, par les gneiss et les granulites de la sous-province de Kapuskasing, à l'est par les gneiss du Grenville d'âge Protérozoïque moyen et au sud par les roches métasédimentaires de la ceinture de Bellecombe (Dimroth et al., 1982). La ceinture orogénique de l'Abitibi est caractéristique de l'Archéen par la présence de roches volcaniques mafiques à felsiques accompagnées d'intrusions syn- et post-tectoniques et par la présence de sédiments volcaniques d'origines clastique et chimique en incluant les formations de fer (Goodwin et Ridler, 1970).

Dimroth et al. (1982) divisent la ceinture de roches vertes de l'Abitibi en deux zones asymétriques: les zones externe et interne (fig. 2.1). Ces deux zones se distinguent par la nature et l'étendue des types lithologiques et par le grade de métamorphisme.

La zone externe occupe la partie sud de la ceinture et elle est caractérisée par un début de cycle volcanique comportant une quantité volumineuse de laves ultramafiques. Le contact sud de la ceinture est occupé par un conglomérat. Les plutons de tonalite-trondhjémite-granodiorite occupent moins de 20% de la zone sud. Le métamorphisme de cette zone est généralement du faciès pumpellyite-prehnite.

La zone interne correspond à la partie nord de la ceinture et elle est caractérisée par un début de cycle volcanique composé de laves mafiques. La frontière nord de la ceinture se définit par un contact intrusif. Des sédiments terrigènes marins de milieu peu profond ont été reconnus dans la zone nord. Plus de 40% de la superficie de la zone interne est occupé par des plutons de tonalite-trondhjémite-granodiorite et d'anorthosite. Dans cette zone, le métamorphisme est à prédominance du faciès des schistes verts et il atteint le faciès de l'amphibolite au contact des intrusions.

Ludden et al. (1986a et b) ont récemment divisé la ceinture de l'Abitibi en quatre zones de direction pratiquement est-ouest, définies par des critères pétrologiques, géochimiques, structuraux et géochronologiques. Du nord au sud, on y retrouve les zones volcanique nord, granitique-gneissique centrale, volcanique sud et granitique-gneissique sud. Ces deux dernières zones correspondent approximativement à la zone externe définie par Dimroth et al. (1982).

Le gisement Elder est situé dans la partie sud de la ceinture de l'Abitibi. Cette partie contient de nombreux complexes volcaniques variablement déformés, métamorphisés

et recoupés par des intrusions granitiques. Ces complexes de forme lensoïde sont constitués, de la base vers le sommet, de laves komatiitiques et tholéiitiques, et de laves et de roches pyroclastiques mafiques à felsiques calco-alcalines (Goodwin, 1982).

CHAPITRE 3

GEOLOGIE REGIONALE

3.1 Généralités

La région de Rouyn-Noranda est située dans la partie méridionale de la ceinture volcano-sédimentaire de l'Abitibi, plus précisément, à l'intérieur des roches volcaniques du Groupe de Blake River. Ce groupe se divise en quatre sous-groupes ayant chacun des caractères chimiques et lithologiques spécifiques. De la base vers le sommet, ce sont les sous-groupes de Bowman, de Garrison, de Misema et de Noranda dans le secteur de Rouyn-Noranda (Goodwin, 1977). Le sous-groupe de Noranda, d'une épaisseur maximale de 5 000 mètres, est situé au sommet des trois autres sous-groupes et il se compose d'une alternance de laves tholéiitiques et calco-alcalines comportant des basaltes et, majoritairement, des andésites, des dacites et des rhyolites. Plusieurs plutons felsiques d'âge Archéen et des dykes de diabase et de lamprophyre du Protérozoïque affleurent aussi dans la région.

Dans la région de Rouyn-Noranda, le Groupe de Blake River (sous-groupe de Noranda) est séparé au nord du Groupe

de Kinojévis par la faille de Porcupine-Destor, et il est limité au sud par la faille de Larder Lake-Cadillac et les métasédiments des Groupes de Timiskaming et de Cadillac. Les principaux gîtes aurifères de la région sont situés en bordure de ces deux failles. Les roches métasédimentaires des Groupes de Timiskaming et de Kewagama sont localement présentes entre le Groupe de Blake River et le Groupe de Kinojévis. Au sud-ouest, la faille de Larder Lake-Cadillac est recouverte par les sédiments du Groupe de Cobalt, d'âge Protérozoïque. A l'extrémité est de la région, le Groupe de Malartic se pince entre le Groupe de Kinojévis et les sédiments du Groupe de Kewagama (fig. 3.1).

Toutes les roches de la région, sauf quelques dykes de diabase d'âge Protérozoïque, ont subi un métamorphisme régional de faible intensité. Par conséquent, les noms de roches utilisés devraient être précédés du préfixe "méta-"; cependant, afin de ne pas alourdir le texte, le terme "méta-" sera omis. Le métamorphisme régional varie du faciès des schistes verts, dans les unités à la base du Groupe de Blake River, au faciès prehnite-pumpellyite dans les unités au sommet (Gélinas et al., 1984). Ce dernier faciès est présent au nord de la faille de Hunter Creek ainsi qu'à l'est et au nord-est de la région de Rouyn-Noranda. Le faciès des schistes verts occupe la partie

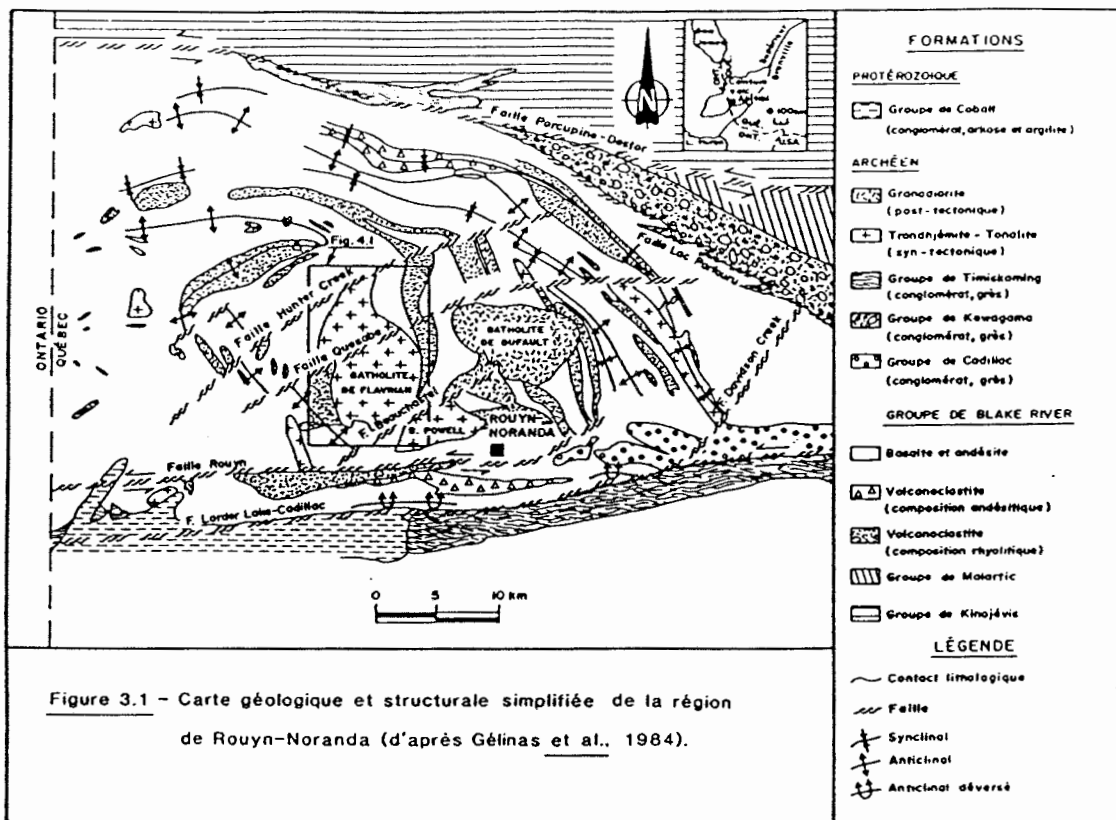


Figure 3.1 - Carte géologique et structurale simplifiée de la région de Rouyn-Noranda (d'après Gélinas et al., 1984).

située au sud de la faille de Hunter Creek (fig. 3.1). Le faciès de l'amphibolite est atteint au pourtour des batholites.

3.2 Divisions chimico-stratigraphiques

Les empilements volcaniques des régions de Rouyn-Noranda et de Timmins ont été divisés chimiquement d'après les analyses des éléments majeurs, traces et des terres rares. De nombreux auteurs ont travaillé sur ce sujet, tels que Jolly (1975, 1980), Gélinas et al. (1977, 1984) et Goodwin (1979). Ces auteurs ont subdivisé les roches sub-alcalines de la région en unités tholéitiques et calco-alcalines, et en unités tholéitiques magnésiennes et komatiitiques. Ces unités sont réparties en trois groupes volcaniques qui sont, en ordre stratigraphique, les Groupes de Kinojévis, de Malartic et de Blake River.

Les roches effusives du Groupe de Blake River de la région de Rouyn-Noranda appartiennent à une séquence bimodale où les andésites et les rhyolites dominent nettement. Ce groupe est composé d'une alternance d'unités tholéitiques et calco-alcalines (Gélinas et al., 1977, 1984). Ces roches volcaniques sont recoupées par le pluton post-tectonique du Lac Dufault et par les plutons syn-

tectoniques de Powell et de Flavrian (fig. 3.1). Ce dernier contient le gisement Elder.

Les unités tholéiitiques se trouvent en général à proximité des failles majeures de Larder Lake-Cadillac et de Porcupine-Destor (fig. 3.2). Les unités de Rouyn-Noranda, de Pelletier, de Trémoy, de Destor et de Dufresnoy constituent, en ordre stratigraphique, les unités à caractère tholéiitique reconnues à l'intérieur du Groupe de Blake River. En excluant l'unité de Pelletier, les unités tholéiitiques ont les traits communs suivants: un enrichissement en fer en passant des basaltes aux andésites, des coulées à varioles felsiques indiquant une immiscibilité magmatique et un faible volume de porphyres et de volcanoclastites de composition rhyolitique (Gélinas et al., 1984).

Les unités calco-alcalines de Dufault, de Cléricy, et de Reneault ainsi que l'unité transitionnelle de Duprat-Montbray se composent principalement d'une alternance de complexes rhyolitiques et d'andésites calco-alcalines. Les complexes rhyolitiques formés de volcanoclastites soudées et de laves rhyolitiques se localisent, majoritairement, à la base des unités calco-alcalines (Gélinas et al., 1984). Les andésites des unités calco-alcalines sont caractérisées

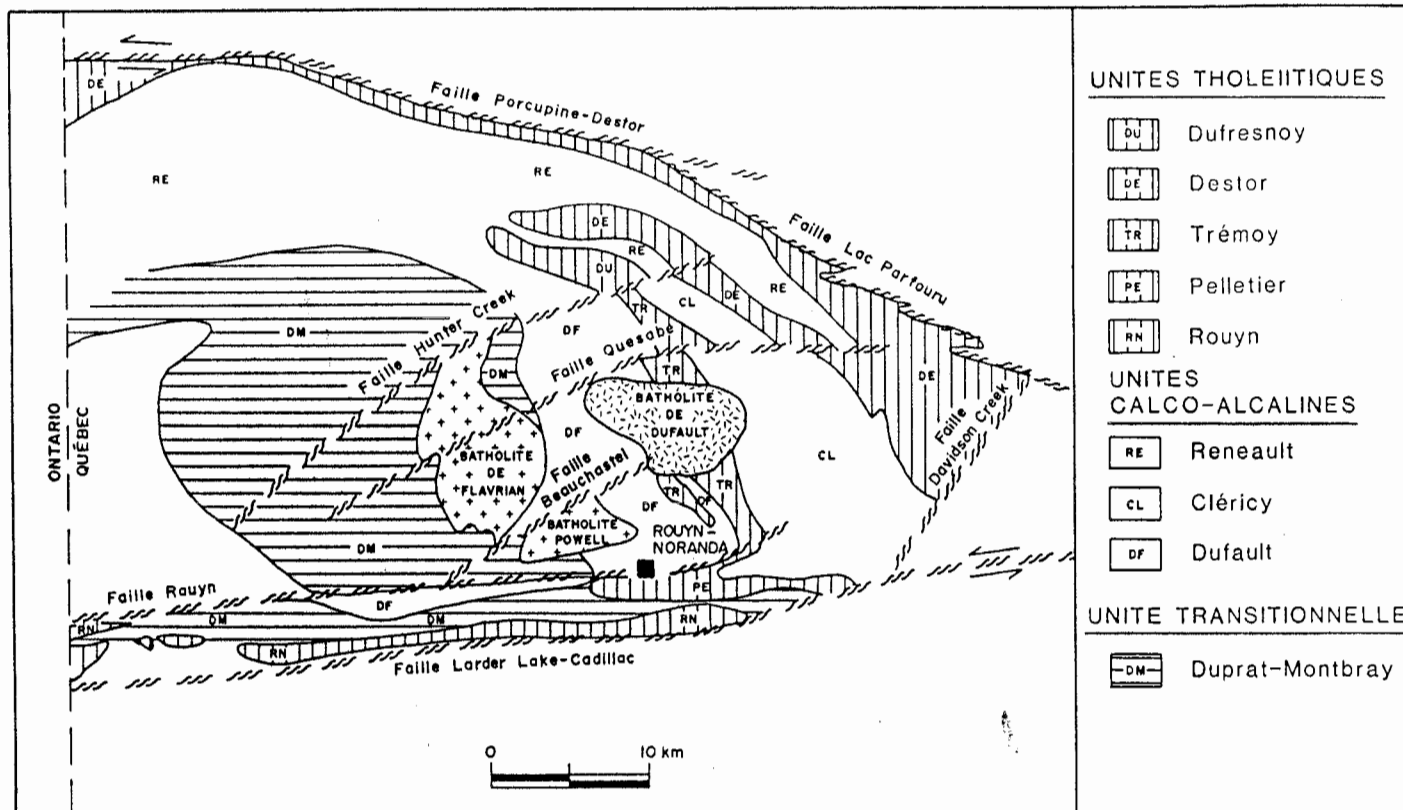


Figure 3.2 - Esquisse des divisions géochimiques du Groupe de Blake River (d'après Gélinais et al., 1984).

par la monotonie de leur composition chimique: il n'y a pas de distinction géochimique reliée à la position stratigraphique qu'elles occupent dans le Groupe de Blake River (Gélinas et Ludden, 1984).

Le Groupe de Kinojévis est composé de trois unités qui sont de la base vers le sommet: l'unité différenciée de Hunter Mine et les unités tholéiitiques de Deguisier et de Destor. L'unité de Hunter Mine consiste en une association de rhyolite avec une quantité mineure d'andésite et de basalte (Jolly, 1975). D'après les études préliminaires effectuées par Verpaelst et Hocq (1986), cette unité constituerait plutôt un groupe (Groupe de Hunter Mine). Ce groupe serait en contact faillé ou discordant avec le Groupe de Kinojévis sus-jacent. L'unité de Deguisier se compose d'une séquence de basalte avec des quantités mineures d'andésite, de chert et de tuf. L'unité de Destor est caractérisée par un assemblage de laves ultramafiques associées à des basaltes magnésiens; la quantité de rhyolite dans cette unité est mineure (Gélinas, 1977).

Le Groupe de Malartic est composé de roches volcaniques différenciées qui incluent des komatiites et des basaltes fortement magnésiens, des andésites enrichies en fer et des rhyolites (Alsac et Latulippe, 1979).

3.3 Principaux éléments structuraux

La grande majorité des zones minéralisées de la région de l'Abitibi et du nord-est de l'Ontario sont tributaires des contrôles structuraux et stratigraphiques. Le Groupe de Blake River de la région de Rouyn-Noranda est caractérisé par la présence de trois failles majeures en plus de certains réseaux de failles inverses et normales; l'ensemble des failles montre la configuration d'un système à grands décrochements senestres ("wrench-fault tectonics"). Deux systèmes majeurs de plis superposés affectent la région et donnent aux formations un motif en forme de Z (Hubert et al., 1984).

Les failles de Larder Lake-Cadillac, de Porcupine-Destor et du Lac Parfouru sont les trois cassures majeures qui s'étendent sur des dizaines de kilomètres, bien au-delà de la région de Rouyn-Noranda. Elles forment les limites méridionale et septentrionale du Groupe de Blake River (fig. 3.1). Les deux premières failles s'insèrent dans un réseau de décrochements est-ouest cicatrisant les roches volcaniques et sédimentaires à l'échelle de la ceinture de l'Abitibi; sur une largeur variant de 20 à 250 mètres, elles transforment les roches encaissantes en schistes à chlorite et à séricite qui sont, par endroits,

fortement carbonatisés et silicifiés. La faille inverse du Lac Parfouru, orientée NO-SE, sépare les Groupes de Blake River et de Kewagama dans la partie nord-est de la région (Gélinas et al., 1984; Hubert et al., 1984).

Parmi les autres failles les plus importantes confinées au Groupe de Blake River, on distingue les failles de Rouyn, de Beauchastel et de Hunter Creek. La faille de Rouyn est considérée comme étant un embranchement de la faille de Larder Lake-Cadillac. La bande d'environ quatre kilomètres de largeur coinçée entre ces deux failles correspond à une zone très ductile où les éléments des deux phases de déformation majeures ont tendance à s'aligner dans la direction est-ouest (Hubert et al., 1984). Les failles de Hunter Creek et de Beauchastel, orientées N60°E, délimitent, au nord et au sud, le batholite de Flavrian (fig. 3.1).

Les plis associés à la première phase de déformation sont symétriques et légèrement déversés vers le sud - sud-ouest. En bordure des failles de Larder Lake-Cadillac et de Porcupine-Destor, la trace axiale des plis de première phase suit une direction approximativement est-ouest; entre les deux failles, la trace est plutôt de direction NO-SE (fig. 3.1). Ces plis sont probablement la conséquence

d'un raccourcissement associé à un mouvement latéral senestre le long de ces deux failles principales. Les plis majeurs de deuxième phase, orientés est-ouest, sont plutôt serrés et légèrement déversés vers le sud ou vers le nord. Ces plis résulteraient d'une compression perpendiculaire aux failles de Larder Lake-Cadillac et de Porcupine-Destor (Hubert et al., 1984).

3.4 Interprétation génétique du Groupe de Blake River

Lorsqu'on observe la disposition de l'ensemble des roches volcaniques du Groupe de Blake River, on remarque que géographiquement les unités tholéitiques sont situées en bordure des failles de Larder Lake-Cadillac et de Porcupine-Destor, et aussi, qu'elles entourent les rhyolites et les andésites calco-alcalines situées dans la partie centrale du Groupe. Le volume considérable de rhyolites et d'andésites calco-alcalines suggère que les rhyolites proviendraient plutôt de la fusion d'une croûte sialique que d'un processus de différenciation magmatique. Ces observations amènent Gélinas et al. (1984) à proposer un modèle pétrogénétique dans lequel le Groupe de Blake River résulte d'un volcanisme rattaché à une structure annulaire en milieu épicontinental.

Le processus de formation d'un tel type de volcanisme s'explique par la fusion partielle du manteau provoquant la fusion d'une mince croûte sialique sus-jacente. La chambre magmatique engendrée par ce processus contiendrait, à la base, un magma tholéiitique primaire suivi par un magma transitionnel (l'unité de Duprat-Montbray), puis par des magmas de composition intermédiaire (andésites calco-alcalines) et finalement par un magma rhyolitique dans la partie supérieure.

La grande viscosité du magma rhyolitique situé dans la partie supérieure du réservoir force l'épanchement des laves tholéiitiques différenciées en périphérie du complexe annulaire. L'alternance des rhyolites et des andésites calco-alcalines de la partie centrale du Groupe de Blake River est la conséquence de la fusion partielle successive du manteau. L'hypothèse d'un mélange de magmas mafiques et felsiques avancée par Goldie (1978) pour expliquer la formation des plutons de Flavrian et de Powell vient appuyer le modèle pétrogénétique de Gélinas et al. (1984).

CHAPITRE 4

GEOLOGIE DU BATHOLITE DE FLAVRIAN

4.1 Généralités

Le batholite de Flavrian, d'âge Archéen, couvre une superficie de 136 km² dans les cantons de Beauchastel et de Duprat, à huit kilomètres au nord-ouest de la ville de Rouyn-Noranda. Ce pluton de forme ovale est intrusif dans les roches volcaniques du Groupe de Blake River. Le batholite est limité, au nord et au sud, par les failles de Hunter Creek et de Beauchastel respectivement; cette dernière le sépare du batholite de Powell situé au sud-est (fig. 3.1).

D'après les études de Spence et de Rosen-Spence (1975) et de Goldie (1976), les batholites de Flavrian et de Powell correspondent à des intrusions reliées à la phase finale du volcanisme local. Il est probable que les batholites de Flavrian et de Powell constituaient à l'origine une seule et même intrusion qui aurait été scindée en deux parties par la faille de Beauchastel.

Krogh et Davis (1971, 1974) estiment l'âge du batholite de Powell à 2,7 Ga, soit un âge équivalent à celui des

roches volcaniques encaissantes. Ces intrusions sont syn-volcaniques et elles ont été soumises à l'orogénèse kénoréenne. Elles ont subi le métamorphisme régional au même titre que les roches volcaniques encaissantes. L'assemblage minéralogique des roches du batholite de Flavrian est caractéristique du faciès des schistes verts. Cependant, en périphérie de l'intrusion, les roches encaissantes montrent une mince auréole de métamorphisme thermique atteignant le faciès de l'amphibolite. Les observations de Jolly (1980) et de Kennedy (1984) démontrent bien l'existence d'un tel métamorphisme de contact.

Le batholite de Flavrian a été prospecté pour l'or depuis le début des années 30; il contient deux anciens gisements producteurs d'or: les mines Eldrich et Elder. Si les travaux actuels des compagnies Groupe Minier Sullivan (maintenant Cambior) sur Eldrich et Aunore sur Elder donnent les résultats escomptés, ces deux gîtes seront de nouveau en production au cours de l'année 1988. Ces gîtes sont localisés à l'intérieur de plusieurs types lithologiques, mais plus particulièrement près d'amas de roches tonalitiques et hybrides (fig. 4.1).

Plusieurs autres indices d'or sont connus à proximité

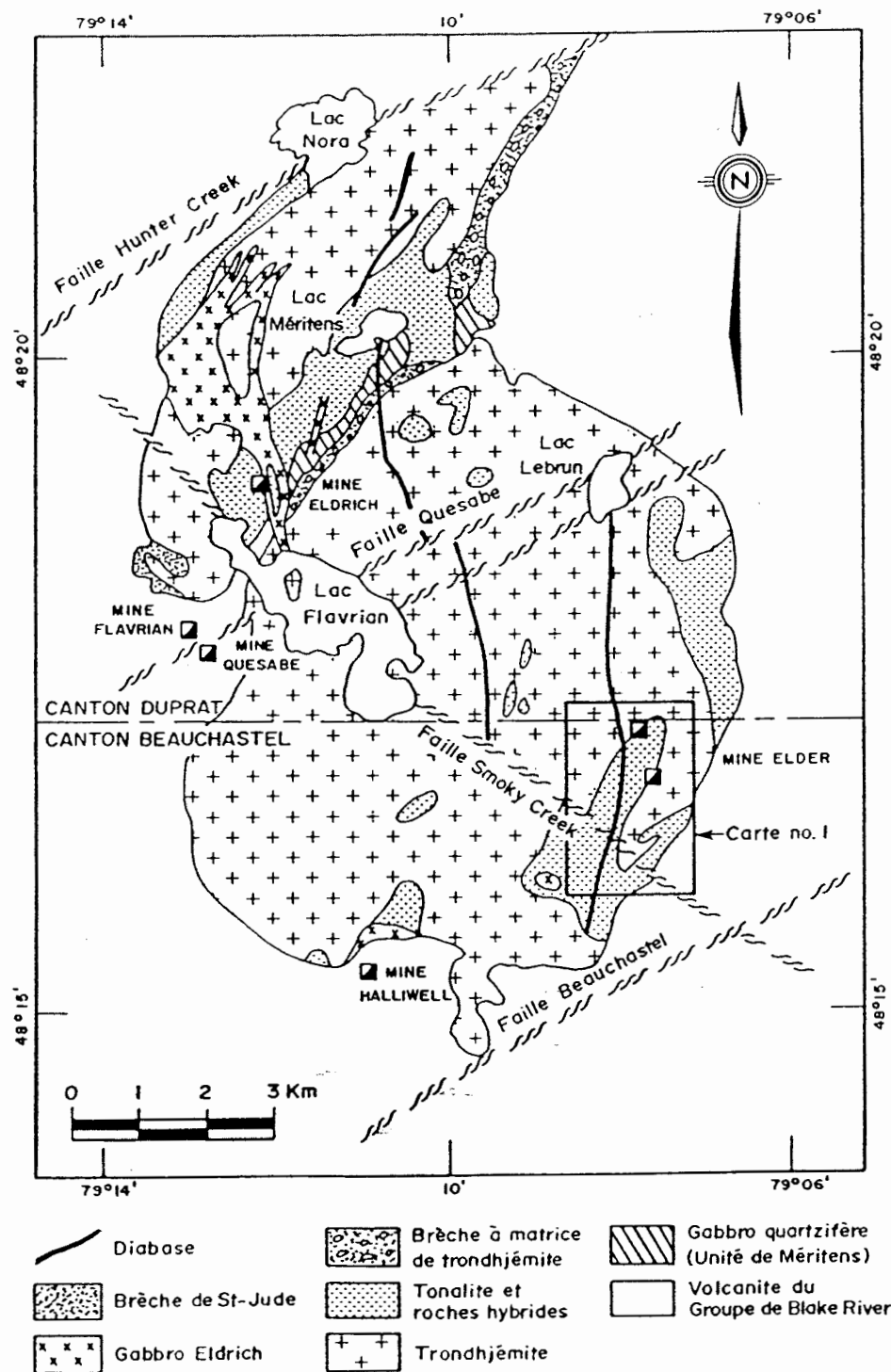


Figure 4.1 - Carte géologique du batholite de Flavrian. D'après Goldie (1976), modifié par SOQUEM et par l'auteur.

du batholite de Flavrian; ils sont surtout concentrés en bordure du batholite en association avec des zones de cisaillement ou de faille. Deux failles majeures traversent le batholite et les roches volcaniques environnantes: ce sont les failles de Quesabe de direction NE-SO et de Smoky Creek de direction NO-SE. Le contact du batholite avec les volcanites est également propice à la minéralisation. On y retrouve trois anciens petits producteurs de Cu, Au et Ag: les mines Halliwell, Flavrian et Quesabe. Les deux dernières sont situées de part et d'autre de la faille de Quesabe (fig. 4.1).

4.2 Principaux faciès lithologiques

Le batholite de Flavrian se compose principalement de roches felsiques sodiques. Plusieurs auteurs ont attribué aux roches du batholite les noms suivants: alaskite, granite à albite, plagiogranite, diorite et gabbro quartzifères, granite sphérolitique, trondhjémite et tonalite (Cooke et al., 1931; Gussow, 1937; Wilson, 1941; Goldie, 1976; Kennedy, 1984). En 1976, Goldie a effectué une étude détaillée du batholite et, se basant sur la composition, la texture et les âges relatifs, il en a divisé les roches en cinq faciès: ce sont l'unité de Méritens, les trondhjémites, la tonalite, les roches hybrides et les brèches.

L'unité de Méritens est constituée de gabbros et de diorites quartzifères enveloppés par les trondhjémites, la tonalite et les roches hybrides. Cette unité occupe une partie minime du batholite, soit environ 2%; elle est présente dans la partie nord-ouest du pluton où elle forme une bande de direction nord-est à proximité de la mine Eldrich (fig. 4.1). Ces roches ont un indice de coloration d'environ 40%; elles se composent majoritairement de quartz, de plagioclase et de minéraux mafiques (surtout des amphiboles). Les grains d'environ 1 mm forment une texture intersertale (Méthot, 1987). Localement, la roche contient des phénocristaux centimétriques composés d'un noyau de quartz entouré de deux anneaux: l'un de hornblende et l'autre de quartz et d'albite (Goldie, 1976). L'unité de Méritens représente la première phase intrusive du batholite. Kennedy (1984) nomme cette unité "diorite primaire".

Les trondhjémites occupent la grande majorité du batholite de Flavrian (environ 85%). Habituellement, leur indice de coloration est inférieur à 10%. La granulométrie est très variable: les grains peuvent être fins ou grossiers, de 1 à 10 mm de dimension. Des inclusions mafiques de taille centimétrique sont observées surtout au centre du batholite dans la roche relativement fraîche. Goldie (1976) distingue plusieurs variétés de trondhjémites qui se

différencient par leur indice de coloration et leur texture: les trondhjémites xénolithiques du Lac Nora, porphyriques à quartz et feldspaths, et sphérolitiques.

La tonalite est une roche homogène de composition intermédiaire entre les trondhjémites et le gabbro quartzifère. Elle se caractérise par la présence de longues aiguilles de minéraux mafiques pouvant atteindre 5 cm de longueur; ces aiguilles courbées et ramifiées sont serties dans une matrice quartzo-feldspathique à grains de 0,5 à 2 mm de dimension. Goldie (1978) suggère que la tonalite résulte d'un mélange de magmas gabbroïque et trondhjémitique. La tonalite forme souvent des zones de transition entre les trondhjémites et les roches hybrides; ce phénomène est couramment observé à la mine Elder.

Les roches hybrides sont des roches hétérogènes composées de xénolithes de gabbro quartzifère, de diorite et de tonalite dans une matrice de composition trondhjémitique ou tonalitique. Les xénolithes sont sub-arrondis et de formes diverses. Leur taille varie du centimètre au mètre. Les contacts entre les xénolithes et la matrice sont graduels ou nets, et ils sont souvent marqués par une bordure millimétrique de quartz et de plagioclase. Les tonalites et les roches hybrides se trouvent surtout en

bordure du batholite et en association avec le gabbro quartzifère de l'unité de Méritens. Dans la partie sud-est du batholite, une bande de quelques kilomètres carrés de superficie longe le gisement Elder (fig. 4.1).

Les brèches sont des roches hétérogènes à fragments de gabbro et de diorite quartzifères et de tonalite dans une matrice composée exclusivement de trondhjémites. Contrairement aux roches hybrides, les fragments sont toujours en contacts nets avec la matrice. Les brèches longent l'unité de Méritens près de la mine Eldrich (fig. 4.1).

4.3 Autres types lithologiques

Le batholite de Flavrian contient plusieurs autres types lithologiques plus jeunes que les faciès décrits précédemment. Ces roches occupent cependant une superficie négligeable par rapport à l'ensemble du batholite. Par ordre chronologique, les types lithologiques sont les dykes de felsite, d'aplite et de mafite, le gabbro d'Eldrich, la brèche de St-Jude et les dykes de diabase (fig. 4.1). Le batholite contient aussi quelques dykes de lamprophyre (MacKenzie, 1941 et Wilson, 1962).

Le batholite est recoupé par des intrusions mineures de

felsite, d'aplite et de mafite. Les intrusions de felsite forment des dykes ou des amas amiboïdaux occupant les fractures développées dans la roche encaissante. Ces felsites se distinguent des trondhjémities par leur texture aphanitique ou porphyrique, par la présence de laminations, par une surface d'altération bleuâtre et par un aspect vitreux; de plus, elles contiennent des xénolithes anguleux de trondhjémite. L'aplite apparaît en dykes finement grenus et rose pâle dans la masse trondhjémitique principale. Les felsites et les aplices sont de composition similaire et elles résulteraient d'une différenciation tardive de l'intrusion trondhjémitique. Les dykes de mafite sont spatialement associés aux intrusions de felsite; ils sont habituellement massifs à grains millimétriques. Dans les zones de cisaillement, les mafites sont transformées en schistes à chlorite finement grenus (Goldie, 1976).

Le gabbro d'Eldrich forme des amas et des dykes dans les trondhjémities, la tonalite, les roches hybrides et le gabbro quartzifère de l'unité de Méritens. Il forme une masse de quelques kilomètres carrés dans la partie nord-ouest du batholite, près de la mine Eldrich; quelques amas de moindre importance sont observés dans les parties sud et sud-est du pluton (fig. 4.1). Ce gabbro se distingue de

l'unité de Méritens par la présence d'une texture ophitique occasionnellement préservée et par la faible quantité de quartz qu'il contient (Méthot, 1987).

La brèche de St-Jude est exposée sur une superficie d'environ 0,25 km² en bordure ouest du batholite de Flavrian. Cette brèche se compose de fragments anguleux et arrondis de roches mafiques et felsiques d'origine volcanique et intrusive, de quelques millimètres à plusieurs mètres de dimension. La matrice de cette brèche est composée de trondhjémite et de felsite (Goldie, 1976).

Plusieurs dykes de lamprophyre sont dispersés dans le batholite. Ils sont généralement d'épaisseur moindre qu'un mètre et d'orientations variables. Des bandes de lamprophyre de quelques centimètres de largeur sont présentes dans la zone minéralisée de la mine Elder. D'autres dykes de même nature sont aussi observés au sud-ouest de la propriété Elder (carte 1).

Plusieurs dykes de diabase, d'âge Protérozoïque, de quelques dizaines de mètres d'épaisseur, traversent les roches volcaniques du Groupe de Blake River et le batholite de Flavrian (fig. 4.1). Ils sont généralement orientés NNO-SSE. Ces dykes se distinguent des dykes mafiques

archéens par leur âge relatif et par leur altération moins prononcée.

4.4 Pétrogénèse

Goldie (1976, 1978) déduit que les relations de terrain entre les différents faciès sont diagnostiques de la co-existence de deux magmas: l'un mafique et l'autre felsique. Il résume les relations entre les différents faciès par la mise en place de plusieurs phases de trondhjémite alors que le gabbro quartzifère de l'unité de Méritens était déjà partiellement ou totalement solidifié. Il explique la formation des tonalites par une réaction entre les magmas gabbroïque et trondhjémitique en absence de turbulence. Contrairement aux tonalites, les roches hybrides seraient formées en milieu turbulent.

Paradis (1984) compare les concentrations et les rapports des éléments traces et des terres rares des différents faciès du batholite de Flavrian avec ceux des roches volcaniques du Groupe de Blake River. De ses travaux, elle déduit qu'il y a cosanguinité entre les roches intrusives du batholite et les roches volcaniques encaissantes.

En s'inspirant de ses propres études et des travaux de

Goldie (1976, 1978) et de Gélinas et al. (1984) pour les roches du Groupe de Blake River, Paradis (op. cit.) propose une hypothèse génétique pour le batholite de Flavrian qui fait intervenir les processus de fusion partielle et de mélange de magmas. Les trondhjémites proviendraient des magmas felsiques résultant de la fusion (entre 10 et 15%) d'une croûte de nature océanique épaisse ou épicontinentale en extension, alors que les tonalites et les roches hybrides seraient le produit du mélange des magmas felsiques et des magmas tholéiitiques différenciés provenant de la fusion partielle du manteau. De plus, elle explique l'origine du gabbro quartzifère de l'unité de Méritens par une contamination des magmas tholéiitiques primitifs par des magmas felsiques.

CHAPITRE 5

HISTORIQUE ET GEOLOGIE DE LA MINE

5.1 Historique des propriétés

5.1.1 Introduction

Le gisement de la mine Elder (anciennement Peel-Elder) s'étend sur trois propriétés contiguës que détient actuellement Ressources Aunore Inc.: Elder, Elder-Sud et Tagami. La propriété Elder, située entre les deux autres, englobe les puits nos 1 et 2 et recouvre les niveaux 1 à 10 de la mine; la propriété Elder-Sud comprend les niveaux 11 à 14 et la prolongation en profondeur de la zone minéralisée; quant à la propriété Tagami, au nord, elle contient l'extension de la veine no 1 affleurant en surface (fig. 5.1).

5.1.2 Propriété Elder

La propriété Elder couvre la partie nord des lots 47 à 52 du rang X du canton de Beauchastel, à l'ouest de Rouyn-Noranda (fig. 5.1).

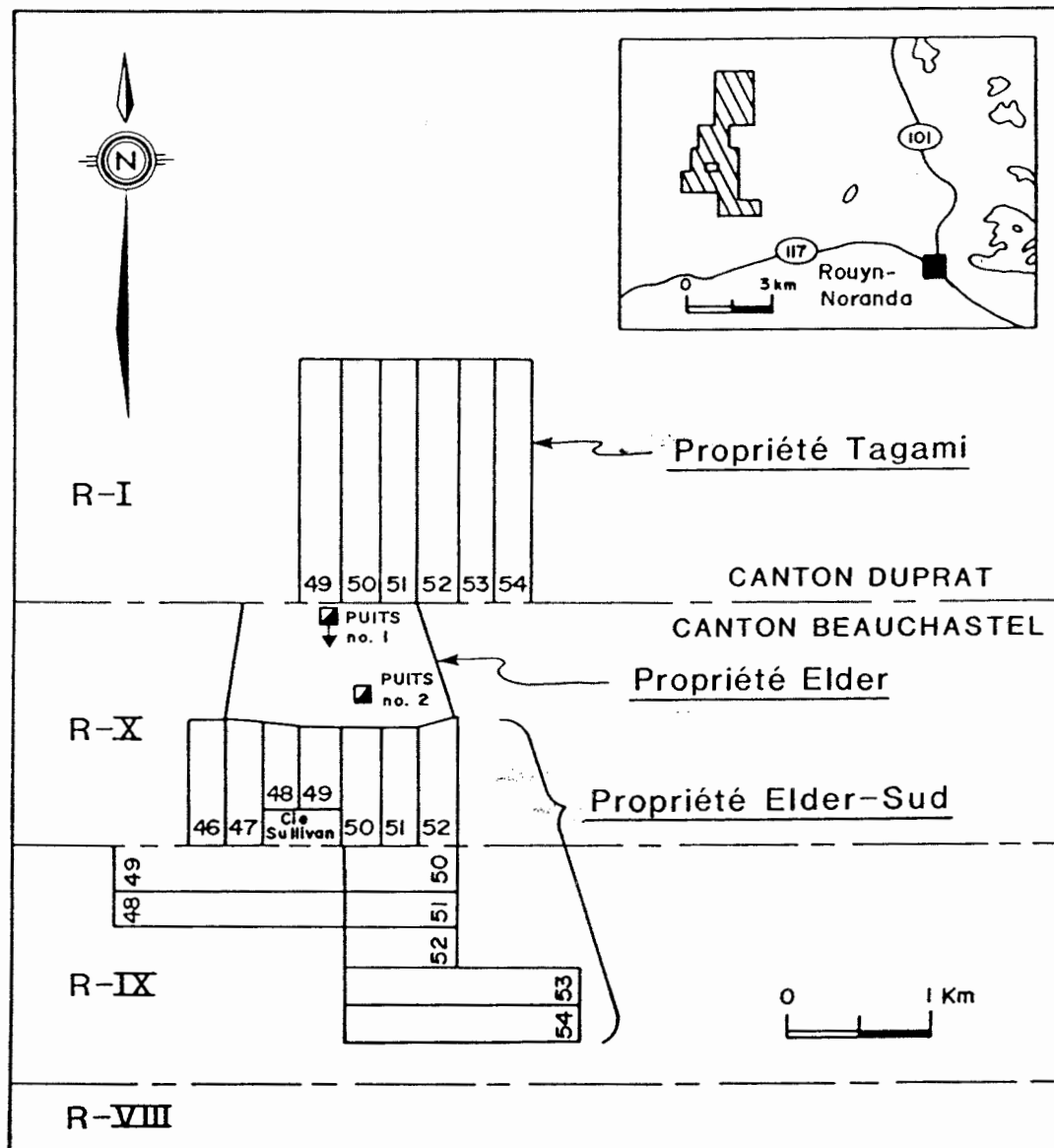


Figure 5.1 - Localisation des propriétés Elder, Elder-Sud et Tagami.

O'Leary Malartic Mines Ltd fut la première compagnie à entreprendre des travaux de prospection sur cette propriété. De 1933 à 1937, cette compagnie effectua des travaux de surface, creusa des puits peu profonds et fora 19 trous de sondage totalisant 1 032 mètres. Par la suite, Teck-Hughes Gold Mines Ltd prit une option sur la propriété et exécuta 1 153 mètres de sondage (16 trous). Ces sondages traversèrent des zones minéralisées (Bussièrès et Tremblay, 1980; Hinse, 1984).

En mai 1944, Elder Gold Mines Ltd acquit la propriété (Ross, 1945 et Hinse, 1984); pendant les années 1944 et 1945, elle accomplit une importante campagne de sondages en forant 93 trous, totalisant 11 044 mètres. Cette campagne permit de délimiter les zones aurifères désignées sous les noms de veines nos 1, 2, 3 et 4 (carte 1). La veine no 5 fut trouvée peu de temps après. A ce moment, les réserves de minerai furent estimées à 1 360 791 t à 7,13 g/t Au (Hinse, 1984).

A la fin de 1945, Elder Gold Mines débuta le fonçage du puits no 1 qui est situé à l'extrémité nord du lot 49, rang X, canton de Beauchastel. Ce puits incliné à trois compartiments a un azimut de 103° et une pente de 43°; on y aménagea six niveaux espacés verticalement de 41 mètres.

Du mois d'octobre 1951 à novembre 1952, la compagnie creusa un deuxième puits à trois compartiments de 537 mètres de profondeur verticale, à environ 700 mètres au sud-est du puits no 1 (fig. 5.1). Les niveaux 7 à 12 y furent développés à intervalles de 41 mètres. De novembre 1962 à août 1963, le puits fut foncé à sa profondeur actuelle de 810 mètres. Par la suite, les niveaux 13 et 14 furent exploités à des intervalles de 61 mètres. Pendant toute cette période, la compagnie a subi plusieurs réorganisations pour prendre successivement les noms de Elder Mines Ltd, Elder Mines and Developments Ltd, Elder-Peel Ltd et enfin, Peel-Elder Ltd en 1963.

Le minerai extrait était transporté à la fonderie de Noranda où il était utilisé comme fondant. En 1966, les teneurs plus faibles en silice (inférieures à 70%), les problèmes de dilution du minerai causés par la proximité d'un dyke "basique" pauvre en silice et le faible prix de l'or à l'époque (35,00\$ l'once) provoquèrent la fermeture de la mine. Entre 1947 et 1966, on a extrait de la mine Elder 2,1 Mt de minerai d'une teneur moyenne de 5,14 g/t Au, pour une production totale de 10,8 tonnes d'or. La teneur moyenne en silice du minerai était de 71,4% (Mc-Murphy, 1975).

En 1974, Hambro Canada Ltd acquit la propriété Elder; celle-ci fut ensuite détenue par Hatleigh Corp., par Yvan Vézina et par Nova Beaucage Mines Ltd en 1983 (Walters, communication personnelle). En 1984, Aunore conclut une entente lui accordant le droit d'acquérir un intérêt de 65% dans la propriété. De la fermeture de la mine jusqu'à son acquisition par Aunore, la propriété Elder n'a été l'objet d'aucune activité de production ou d'exploration (Hinse, 1984).

En 1984, Aunore foras 1 002 mètres de sondages au diamant qui confirmèrent l'extension vers l'ouest de la veine no 1. De l'été 1985 à l'été 1987, 55 trous de sondages de surface, totalisant 14 820 mètres, furent forés afin de vérifier les réserves de la veine no 1 entre les niveaux 5 et 10 ouest de l'ancienne mine. Après le dénoyage du puits no 2, terminé à l'été 1986, environ 14 000 échantillons de la zone minéralisée, entre les niveaux 6 et 14, furent prélevés et analysés pour l'or. En juin 1986, les réserves géologiques prouvées et probables s'élèvent à 621 778 t à 6,65 g/t Au sur une largeur moyenne de 1,34 mètre. Ces réserves ne comprennent que les blocs ayant une teneur supérieure à 2,74 g/t Au (Walters, communication personnelle).

De l'automne 1986 à l'été 1987, la compagnie entreprit une campagne de sondages souterrains et foras 7 620 mètres (80 trous) afin de vérifier l'extension de la veine no 1 sur les niveaux inférieurs de la mine. Présentement, la compagnie continue les sondages souterrains et s'affaire aux installations de surface pour la remise en production éventuelle de la mine. Aux cours actuels de l'or, les réserves estimées de la veine no 1 et le potentiel des veines nos 3, 4 et 5 justifieraient la réouverture de la mine, qui est prévue pour l'année 1988.

5.1.3 Propriété Elder-Sud

La propriété Elder-Sud, détenue par Anore et Nova Beaucage Mines, regroupe 14 claims contigus couvrant environ 350 hectares (10 demi-lots et quatre lots) dans les rangs IX et X du canton de Beauchastel (fig. 5.1). La propriété Elder-Sud fut la cible de nombreux travaux d'exploration depuis 1945. A cette période, Elderidge Gold Mines Ltd foras 213,3 mètres de sondages sur une zone aurifère située à la frontière des rangs IX et X du canton de Beauchastel (Bussièrès et Tremblay, 1980; Veilleux, 1981). En 1968, Tagami Mines Ltd effectua des levés magnétiques et électromagnétiques suivis de 23 sondages totalisant 1 807 mètres. Ces travaux permirent de délimiter un petit gîte

d'or dans le secteur sud des lots 48 et 49. En 1980, CDR Resources Inc. fora 12 sondages totalisant 681 mètres et confirma les réserves délimitées antérieurement par Tagami Mines Ltd (SNC, 1980). En 1981, le Groupe Minier Sullivan Ltée exécuta, sur les lots 48 et 49, un programme de sondages de 13 trous totalisant 599 mètres. Les travaux de ces compagnies permirent de délimiter un gîte de 51 612 t à 5,21 g/t Au (Veilleux, 1981).

5.1.4 Propriété Tagami

La propriété Tagami occupe les lots 49 à 54 du rang I, canton de Duprat. Ces terrains constituent l'extension nord de la propriété Elder (fig. 5.1). Quatre zones minéralisées sont connues sur la propriété: la veine no 2, les zones nord et centrale, et le prolongement de la zone Elder.

En 1944, Elder Gold Mines effectua 10 sondages et des tranchées sur la veine no 2 (carte 1). Cette veine de quartz aurifère mesure 98 mètres de longueur sur une épaisseur moyenne de 2,6 mètres. Sa teneur moyenne est de 6,17 g/t Au. En 1945 et 1946, Thorn Hill Gold Mines Ltd effectua 63 sondages sur les claims voisins au nord où elle délimita les trois autres zones minéralisées.

La zone nord offre le plus de potentiel. Elle s'étend sur les claims voisins détenus par Minnova Inc. où elle est connue sous le nom de "West Gold Showing". Entre 1969 et 1976, les compagnies Tagami Mines Ltd et Falconbridge Copper Ltd procédèrent à des travaux de géophysique, de cartographie et à quelques sondages. Les réserves possibles sont évaluées à 150 000 t à 3,77 g/t Au sur la propriété Tagami et à environ 100 000 t à 5 g/t Au sur les claims de Minnova.

La propriété Tagami demeure intéressante puisqu'elle contient la prolongation de la veine no 1 de la mine Elder.

5.2 Géologie de la mine

5.2.1 Introduction

La mine Elder est située à l'intérieur et près de la bordure sud-est du batholite de Flavrian (fig. 4.1). Le contact du batholite avec les roches volcaniques du Groupe de Blake River n'est qu'à un kilomètre au sud-est de la mine.

Un dyke de diabase d'âge Protérozoïque, de direction

nord-sud et à pendage abrupt vers l'ouest, recoupe les roches du batholite à 215 mètres à l'ouest du puits no 1 (carte 1). Des sondages ont récemment démontré la continuité de la veine no 1 à l'ouest de ce dyke.

Le principal élément structural à proximité du gisement Elder est la faille de Smoky Creek de direction NO-SE. Cette faille n'est pas exposée en surface; elle est localisée par télédétection, par des levés magnétiques au sol et par des sondages au diamant. Elle consiste en une bande de roches broyées lesquelles sont longées localement par un dyke de diabase. La faille traverse les roches volcaniques et le batholite de Flavrian à 1,5 km au sud-ouest du gisement Elder (carte 1).

Le gisement Elder est composé de quatre veines principales: ce sont les veines nos 1, 3, 4 et 5. Les veines nos 1 et 5, de direction $N50^{\circ}E$ et de pendage $28^{\circ}SE$, affleurent respectivement au nord et au nord-est du puits no 1. La veine no 4, de direction $N20^{\circ}O$ et de pendage $28^{\circ}NE$, affleure à plusieurs endroits, entre autres à 150 mètres au sud-ouest du puits no 2. La veine no 3, sub-parallèle aux veines nos 1 et 5, n'est pas observée en surface. Mise à part la veine no 4 qui est de direction nord-ouest, les veines aurifères sont incluses dans la

trondhjémite et situées près du contact inférieur d'une bande de roches hybrides de direction NE-SO (carte 1).

Dans le cadre de cette étude, les veines nos 1, 3 et 5 ont été examinées en détail. La majorité du minerai extrait de la mine provenait de la veine no 1 qui est de loin la plus importante et la plus continue. Les veines nos 3 et 5 sont observées sur quelques niveaux de la mine; elles semblent être des embranchements de la veine no 1. Dans cet ouvrage, l'expression "zone minéralisée" désigne l'ensemble de ces trois veines. La zone minéralisée a été étudiée en détail sur le niveau 7 de la mine; à cet endroit, elle est bien exposée et facilement accessible (carte 2). La zone anomale, qui contient la zone minéralisée et ses épontes, se définit par une teneur supérieure à 0,17 g/t Au. De plus, la zone minéralisée englobe une zone économique dont la teneur est normalement supérieure à 3,4 g/t Au.

5.2.2 Roches encaissantes et épontes

L'environnement géologique de la mine Elder est caractérisé par la présence de trois types lithologiques décrits précédemment: ce sont la trondhjémite, les roches hybrides et la tonalite. Ces trois types de roches sont

observés en surface et dans les galeries souterraines. En surface, entre les puits nos 1 et 2, les roches hybrides forment une bande de 500 mètres de largeur orientée N25°E. Le centre de cette bande est occupé par une lentille de trondhjémite dans laquelle se situe la veine no 4. Cette bande de roches hybrides possède la même attitude que les veines nos 1, 3 et 5, lesquelles sont orientées parallèlement au contact entre le batholite et les roches volcaniques (carte 1). La tonalite est associée aux bandes de roches hybrides et aux épontes de la zone minéralisée.

Des dykes de felsite, d'aplite et de lamprophyre, de quelques centimètres de largeur, traversent les trois types de roches. De plus, plusieurs petites zones de cisaillement centimétriques remplies de veinules de quartz, chlorite et carbonate recoupent les roches encaissantes et parfois les dykes. Les dykes et les zones de cisaillement s'orientent généralement NE-SO avec des pendages variables. Au niveau 12, dans le travers-banc nord (mur), les dykes sont concentrés dans une étroite bande de roches hybrides (carte 4).

Généralement, la trondhjémite présente une surface d'altération variant de gris clair verdâtre à rosâtre et un indice de coloration inférieur à 10%. La teinte de la

roche résulte de l'altération en hématite, en épidote et en chlorite. La roche est massive et homogène sauf lorsqu'elle contient des amas centimétriques composés de quartz, chlorite et épidote. La trondhjémite est traversée par de nombreuses veinules millimétriques de quartz, chlorite et calcite; ces veinules sont orientées d'une façon aléatoire.

Les roches hybrides se composent, en général, de 60% de xénolithes de gabbro, de diorite et de tonalite dans une matrice de trondhjémite moyennement grenue. Occasionnellement, les roches hybrides contiennent des xénolithes de trondhjémite finement grenue. Ce fait suggère plusieurs phases de mise en place de la trondhjémite. La tonalite forme parfois la matrice entre les xénolithes de composition mafique. Les xénolithes sub-anguleux et arrondis sont de formes sphérique et amiboïdale; souvent, ils montrent une auréole millimétrique de composition quartzofeldspathique (fig. 5.2). La taille des xénolithes est très variable et leur dimension varie du centimètre au mètre. Dans le travers-banc sud (toit) au niveau l2 et près du bassin de sédimentation à l'ouest de la mine, on observe quelques xénolithes de plusieurs mètres de dimension.



Figure : 5.2 Xénolithes de gabbro quartzifère avec une auréole quartzo-feldspathique dans une matrice trondhjémite [travers-banc du toit, niveau 7].



Figure : 5.3 Zone minéralisée (veine no 1): fragments de trondhjémite pyritisés dans la matrice de quartz blanc [niveau 7 est].

La tonalite est caractérisée par la présence de minéraux mafiques aciculaires et ramifiés baignant dans une matrice quartzo-feldspathique. Les roches encaissantes du gisement Elder incluent des leuco-tonalites et des tonalites dont l'indice de coloration varie de 5 à 40%. Les roches ayant la composition d'une tonalite mais ne contenant pas de minéraux aciculaires sont considérées, sur le terrain, comme étant des diorites quartzifères. La tonalite forme souvent une zone de transition entre les xénolithes mafiques et la matrice trondhjémitique; cette zone crée ainsi des contacts graduels entre les deux types lithologiques. Ce phénomène est observable, entre autres, sur les niveaux 7 et 12 de la mine.

L'altération des roches encaissantes de la mine Elder est similaire à celle des autres roches du batholite de Flavrian; elle se traduit par la présence d'amas centimétriques de chlorite, quartz et calcite, et d'amas décimétriques d'épidote ou d'hématite. Ces minéraux secondaires sont également distribués en veinules dans la roche. L'altération et la minéralisation sont plus importantes en bordure des fractures, des zones de cisaillement, des dykes et au contact entre les roches hybrides et la trondhjémite. En plus de la magnétite à grains très fins associée aux minéraux mafiques et de l'hématite en

amas, la minéralisation consiste en des veinules de pyrite finement grenue et en de rares plages millimétriques de chalcopryrite, de molybdénite et de galène. Cette minéralisation est particulièrement bien développée à proximité de la zone minéralisée et diminue en s'éloignant de celle-ci.

Au niveau 12, les roches encaissantes du mur contiennent une zone minéralisée secondaire qui est située entre 38 et 48 mètres au nord de la veine no 1. Cette zone coupe et déplace d'un mètre un dyke d'aplite longeant la galerie sur 45 mètres. Cette zone minéralisée est fragmentaire et très fracturée; elle est fortement altérée en quartz, carbonate et chlorite. De plus, elle contient de 1 à 5% de pyrite en amas de plusieurs centimètres. Le dyke, qui est oblique à la veine no 1, a une épaisseur moyenne de 0,6 mètre et un pendage vers l'est. Ce dyke est minéralisé en chalcopryrite et en pyrite; ces minéraux peuvent constituer jusqu'à 20% de la roche. Près de la zone minéralisée principale, le dyke devient intensément chloritisé, carbonatisé et séricitisé.

Au niveau 12, les épontes de la zone minéralisée forment une bande de roches massives et altérées de neuf mètres d'épaisseur, facilement identifiable à l'oeil nu.

La trondhjémite gris verdâtre à rosâtre du mur et les roches hybrides du toit deviennent, dans les épontes, une roche gris clair, localement rosâtre ou bleuâtre, d'aspect vitreux, à grains fins ou moyens, très altérée et minéralisée. Cette altération se manifeste par la présence de nombreuses veinules de quartz et carbonate de fer beige brunâtre (ankérite), de pyrite, d'hématite spéculaire et de magnétite. Les épontes montrent une diminution en chlorite dans les six mètres bordant la zone minéralisée. Méga-scopiquement, on observe de 2 à 3% de pyrite à grains fins isolés ou en amas, disséminés et dans les fractures de la roche. La pyritisation débute graduellement et elle s'accroît en s'approchant de la zone minéralisée. La trondhjémite des épontes supérieures est hétérogène et elle contient des amas centimétriques de tonalite, de quartz-carbonate et de chlorite; la quantité d'hématite spéculaire y est plus importante que dans le mur de la zone minéralisée.

5.2.3 Zone minéralisée

La zone minéralisée de la mine Elder est une veine bréchique de quartz blanc laiteux de 0,3 à 3,0 mètres d'épaisseur contenant de nombreux fragments anguleux et bandes discontinues d'épontes (figs 5.3 et 5.4). La veine no 3 de la zone minéralisée est localement composée de



Figure :
5.4

Zone minéralisée (veine no 5): fragments
de trondhjemite et du dyke "basique" dans
la matrice de quartz [niveau 7 est].

diorite quartzifère massive sans fragmentation des épontes (fig. 5.5); à ces endroits, la zone est relativement étroite. Les fragments d'épontes, qui sont généralement bien minéralisés en pyrite et de dimensions très variables (quelques centimètres à plusieurs mètres), sont de nature trondhjémitique et dioritique. La matrice de la brèche est composée de quartz blanc laiteux parfois laminé avec du quartz fumé. Les fragments contiennent généralement de 3 à 8% de pyrite finement grenue; ces grains sont surtout distribués en périphérie des fragments et dans les fractures; une quantité moins importante de pyrite est disséminée à l'intérieur de la roche. La pyrite peut former de 10 à 15% de la zone minéralisée lorsque celle-ci est majoritairement formée de quartz rubané et de carbonate; dans ce cas, la pyrite se trouve insérée en amas et en bandes centimétriques entre les laminations de quartz laiteux et fumé. On observe ce phénomène sur le niveau 7 ouest au site N-7W-25 (carte 2).

Les veinules de magnétite et d'hématite sont moins nombreuses dans la zone minéralisée que dans les épontes. Des traces de chalcopryrite sont parfois associées aux veinules de pyrite. Les fragments minéralisés contiennent de nombreuses veinules de quartz, de carbonates (calcite et ankérite) et de chlorite. L'altération est très variable:



Figure : Zone minéralisée (veine no 3): diorite quartzifère minéralisée contenant environ 15% de pyrite [niveau 7 est].
5.5

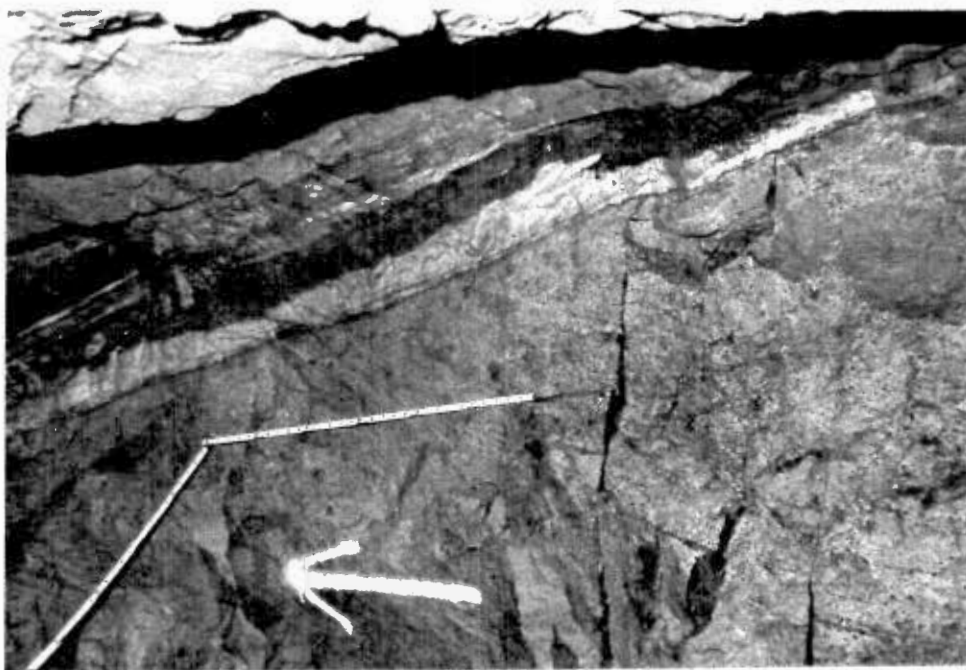


Figure : Veine no 1 composée du dyke "basique" et de quartz. On distingue un pendage d'environ 20° SE [niveau 7 est].
5.6

les fragments de diorite sont fortement carbonatisés et chloritisés alors que les fragments de trondhjémite le sont beaucoup moins. La quantité de pyrite constitue une bonne indication de la teneur en or de la zone minéralisée. Quelques tests métallurgiques à la fonderie de Noranda ont démontré que le concentré de pyrite contenait environ 95% de l'or présent dans la zone minéralisée (Walters, communication personnelle). Il est très rare d'observer de l'or visible à l'oeil nu à la mine Elder; cependant, on en a observé près du travers-banc sur les niveaux 7 et 12.

La zone minéralisée s'étend sur au moins 780 mètres de longueur. Sa direction varie de N50°E à N83°E et son pendage moyen est de 28° vers le sud-est (fig. 5.6). Le pendage peut varier de 10 à 45°; cette variation confère à la zone minéralisée une forme sinueuse et en escalier. La zone minéralisée est continue de la surface jusqu'au niveau 14, à une profondeur verticale de 615 mètres. Le long du pendage, la zone mesure au moins 1 310 mètres d'extension (carte 3). A date, aucun sondage n'a été foré afin de vérifier l'extension de la zone sous le niveau 14. L'épaisseur de la zone minéralisée est très variable: par endroits elle s'amincit au point de disparaître alors qu'ailleurs elle peut atteindre trois mètres d'épaisseur (carte 3). Les veines nos 1 et 5 sont les plus épaisses; la veine

no 3, au niveau 7E, ne dépasse pas une largeur réelle de 0,3 mètre.

5.2.4 Dyke "basique"

La veine principale (veine no 1) de la zone minéralisée est intimement liée à une bande de roche mafique altérée communément appelée "dyke basique" (fig. 5.7). Ce dyke "basique" est une diorite ou un gabbro quartzifère finement grenu. Cette roche peut être parfois confondue avec un dyke de lamprophyre, à grains très fins, celui-ci étant aussi associé localement à la zone minéralisée. Jusqu'à maintenant, ces dykes de lamprophyre n'ont été observés que dans les niveaux inférieurs de la mine.

Le dyke "basique" est variablement cisailé: sa structure varie de massive à très schisteuse. Lebel et al. (1986) ont établi entre 40 et 45% le degré de fracturation ("rock quality design") du dyke dans le chantier 8-1-0 de la mine. La diorite est variablement altérée; elle est parfois parcourue de veinules de chlorite, de carbonate de fer, de calcite et de quartz (fig. 5.8). Localement, la chlorite est en amas centimétriques dans la diorite. Parfois, en bordure de la zone minéralisée, les plans de schistosité développés dans le dyke sont remplis de



Figure :
5.7

Veine no 1 au contact du dyke "basique";
les épontes inférieure et supérieure sont
composées de trondhjemite [niveau 7 est].

séricite et d'une quantité mineure d'hématite spéculaire. Ces zones fortement fracturées ont causé des problèmes de stabilité des parois rocheuses et de dilution du minerai. Le dyke "basique" est non-magnétique et il contient moins de 1% de pyrite finement disséminée; cependant, lorsque le dyke est en fragments dans la zone minéralisée, la pyrite peut constituer jusqu'à 7% de la roche.

Le dyke "basique" consiste en une série de lentilles formant un feuillet sinueux et discontinu de roches mafiques dispersées le long de la zone minéralisée (fig. 5.9). Localement, le dyke forme des gonflements allongés, de direction nord à nord-ouest; à ces endroits, il atteint jusqu'à 12 mètres d'épaisseur. Bien qu'il n'y ait aucune évidence de cisaillement parallèle aux directions de ces gonflements, on remarque que la veine no 4 possède la même orientation que ces amas. Le dyke suit la zone minéralisée et il possède une attitude générale similaire à celle-ci. La zone minéralisée et le dyke "basique" sont situés à l'intérieur d'une zone anormale en or pouvant atteindre 67 mètres d'épaisseur; cependant, en général cette zone mesure moins de 23 mètres d'épaisseur. Le dyke se situe surtout dans les parties centrale et basale de la zone anormale en or (carte 5); celle-ci peut être entièrement incluse dans le dyke, aux endroits où il montre des gonflements.

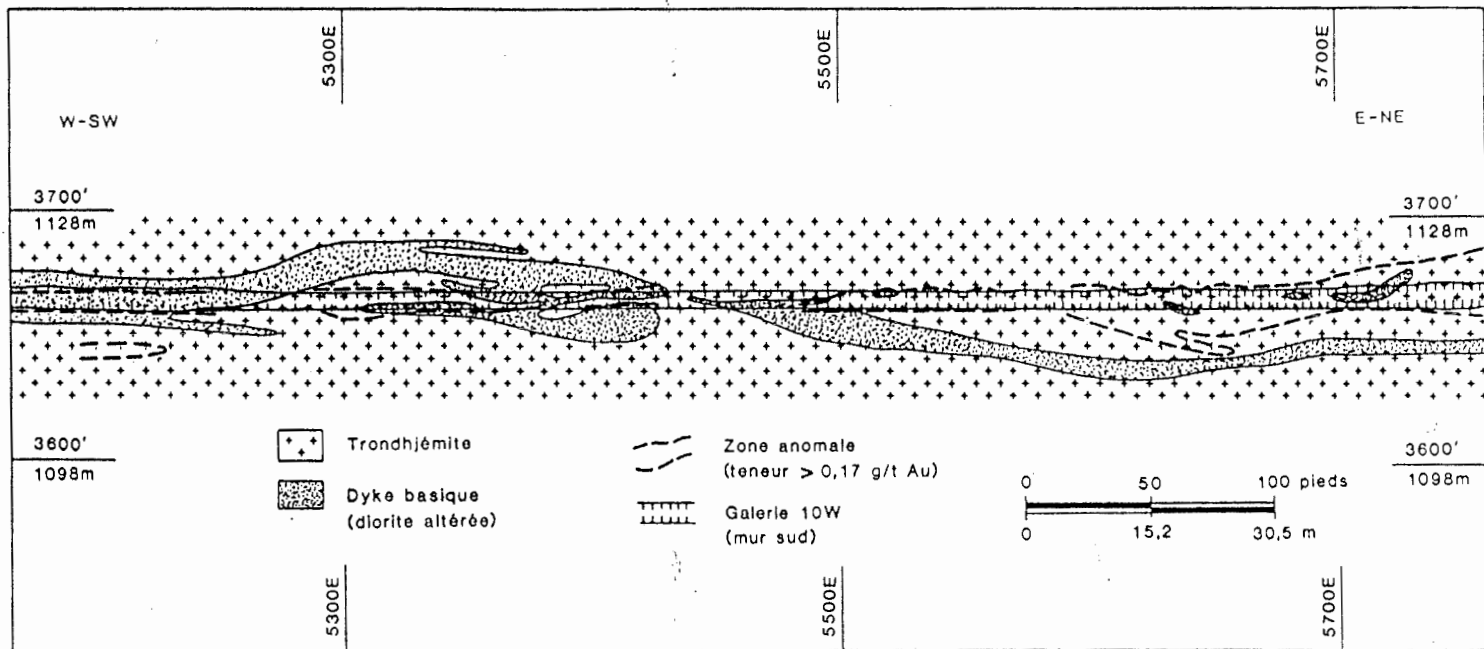


Figure 5.9 - Section longitudinale au niveau 10W montrant la zone anormale contenant la zone minéralisée; les coordonnées sont celles de la mine Elder.

La zone économique est située le plus fréquemment à l'intérieur et dans la partie inférieure du dyke "basique" (carte 5). Les observations suggèrent une minéralisation en quartz aurifère postérieure à la mise en place du dyke. Effectivement, la zone minéralisée économique d'apparence rectiligne recoupe le dyke sinueux. De plus, on observe des enclaves du dyke "basique" dans la veine de quartz principale (veine no 1). Souvent, le dyke est rubané de veines de quartz minéralisées.

Le dyke semble avoir servi de canal aux fluides minéralisateurs. La minéralisation est contrôlée par l'épaisseur du dyke: la zone minéralisée s'estompe dans les gonflements et reprend aux endroits où le dyke est relativement mince (1,5 mètre d'épaisseur). On observe ce phénomène à l'extrémité ouest du niveau 7. Ailleurs, lorsque le dyke est absent, la minéralisation est négligeable.

Il est évident que le dyke "basique" à la mine Elder est étroitement lié à la minéralisation aurifère; par conséquent, il représente un métallotecte de toute première importance. Nous croyons que la présence de ce dyke moins compétent, encaissé dans des roches plus résistantes, représentait une zone de faiblesse au moment de la déformation associée à la minéralisation aurifère. Le dyke

aurait donc représenté un lieu privilégié de fracturation et de déposition du minerai aurifère.

CHAPITRE 6

PETROGRAPHIE

6.1 Introduction

Dans le cadre de cette étude, 150 échantillons ont été prélevés sur les niveaux 7 et 12 de la mine Elder. La majorité des échantillons des roches encaissantes et des épontes proviennent du niveau 12 et ceux de la zone minéralisée, surtout du niveau 7. Le travers-banc du niveau 12 a été échantillonné sur des longueurs de 246 mètres et de 193 mètres de part et d'autre de la zone minéralisée (carte 2).

Chaque type de roche de la mine Elder a été examiné au microscope polarisant. Les analyses microscopiques ont relevé la présence des types lithologiques suivants, par ordre d'importance: la trondhjémite, la tonalite et la diorite quartzifère. Ces types appartiennent au faciès des roches hybrides hétérogènes ou aux faciès trondhjémiques ou tonalitiques homogènes. En plus de ces trois types de roche, on trouve dans la zone minéralisée un dyke "basique" et localement un dyke de lamprophyre. La composition minéralogique de tous les échantillons examinés au microscope

est présentée à l'annexe 1.

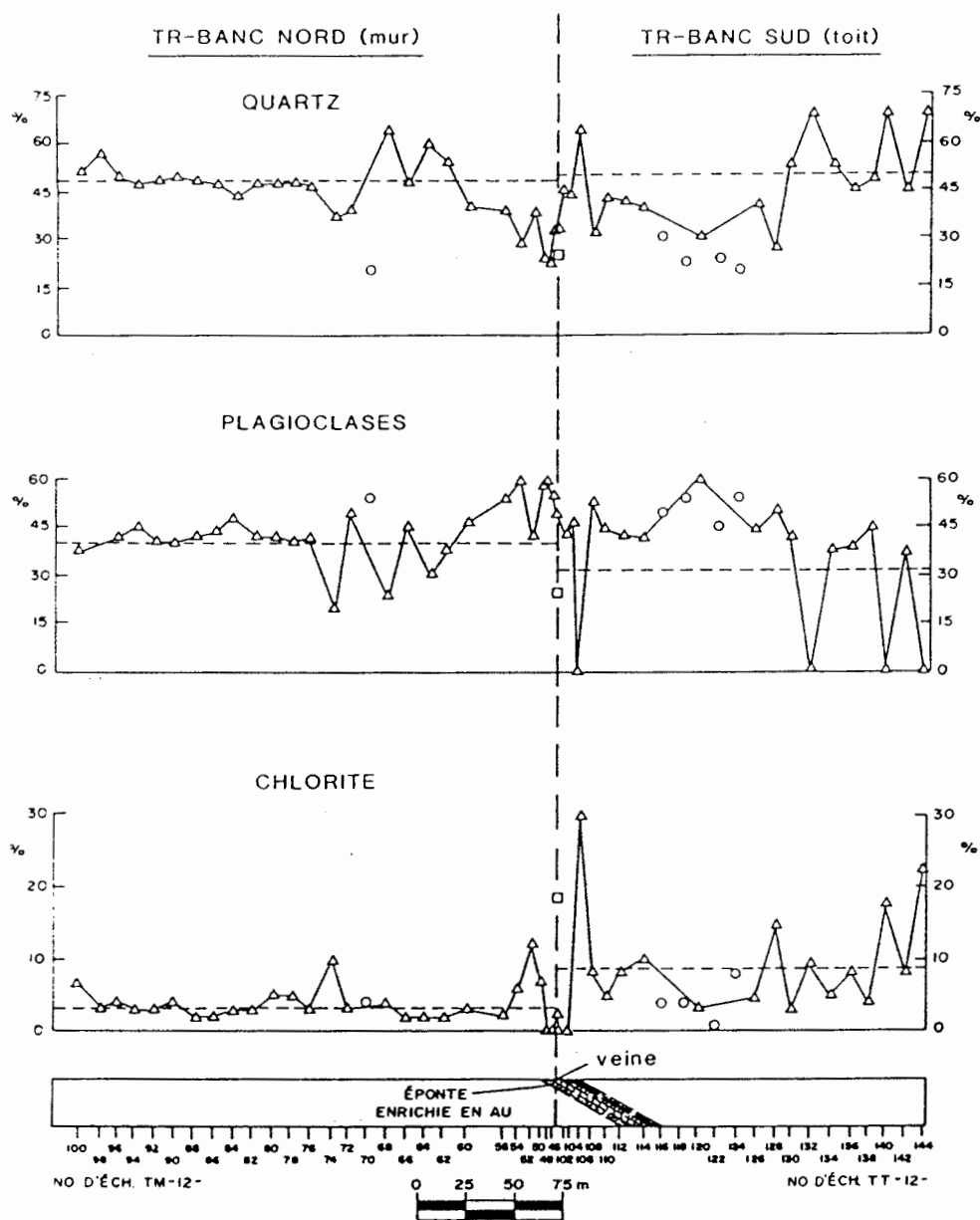
La nomenclature des roches intrusives de la mine Elder est basée sur les travaux de Goldie (1976) et sur la classification de Streickeisen (1976). La majorité des types lithologiques se situent dans le domaine de la tonalite. La trondhjémite est une leuco-tonalite dont l'indice de coloration est inférieur à 10% et où les plagioclases ont une calcicité supérieure à Ans. Barker (1979) reconnaît deux types de leuco-tonalites: les trondhjémites calciques dont les plagioclases sont de l'andésine, et les trondhjémites avec des plagioclases de composition albite à oligoclase. Méthot (1987) a analysé à la microsonde les plagioclases des trondhjémites, des tonalites et des diorites quartzifères encaissant la zone minéralisée de la mine Eldrich; ses résultats indiquent que les plagioclases de ces roches sont effectivement de l'albite et de l'oligoclase. Dans cet ouvrage, on présume que les plagioclases des roches de la mine Elder sont de la même composition que ceux de la mine Eldrich.

6.2 Roches encaissantes

Les observations faites dans les travers-bancs des niveaux 7 et 12 de la mine montrent que la zone minéralisée

est située au contact de la trondhjémite et des roches hybrides. Le profil des variations minéralogiques à travers la zone minéralisée et les roches encaissantes vient appuyer les observations faites dans la mine. La trondhjémite relativement homogène du mur montre un profil minéralogique plus constant que celui des roches hybrides hétérogènes du toit (fig. 6.1). Les variations minéralogiques importantes du toit s'expliquent par la présence de xénolithes de tonalite, de diorite quartzifère et d'amas de quartz et de chlorite baignant dans une matrice de trondhjémite. Cette matrice possède parfois la composition d'un granitoïde quartzique dans lequel le quartz forme 70% de la roche et où les plagioclases sont fortement altérés et remplacés par la chlorite et la séricite (fig. 6.2).

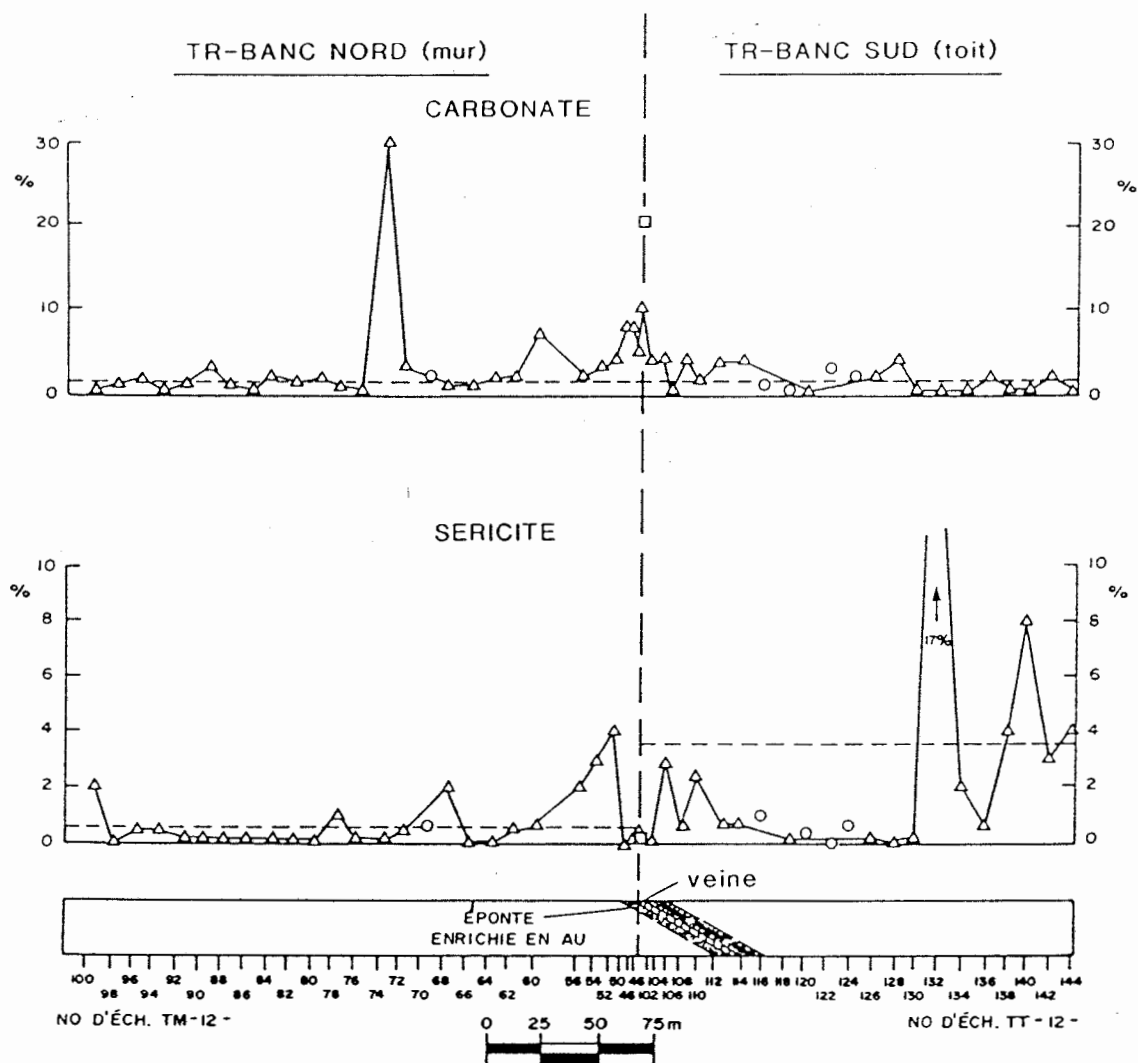
En plus de l'hétérogénéité des roches hybrides, les dykes de lamprophyre, de felsite et les zones de cisaillement sont aussi responsables des variations minéralogiques importantes que l'on observe dans la trondhjémite. En bordure des dykes de lamprophyre, la trondhjémite est carbonatisée et elle contient de la biotite. Plusieurs roches d'apparence mafique montrent en lame mince une composition trondhjémitique. En effet, la majorité des roches observées sont des trondhjémites avec une quantité mineure de tonalite. Une faible quantité de chlorite, de



— LEGENDE —

- △ Trondhémite
- Tonalite
- Dyke basique
- Moyenne de la trondhémite des roches encaissantes

Figure 6.1 - Profil minéralogique à travers la zone minéralisée et les roches encaissantes au niveau 12.



— LEGENDE —

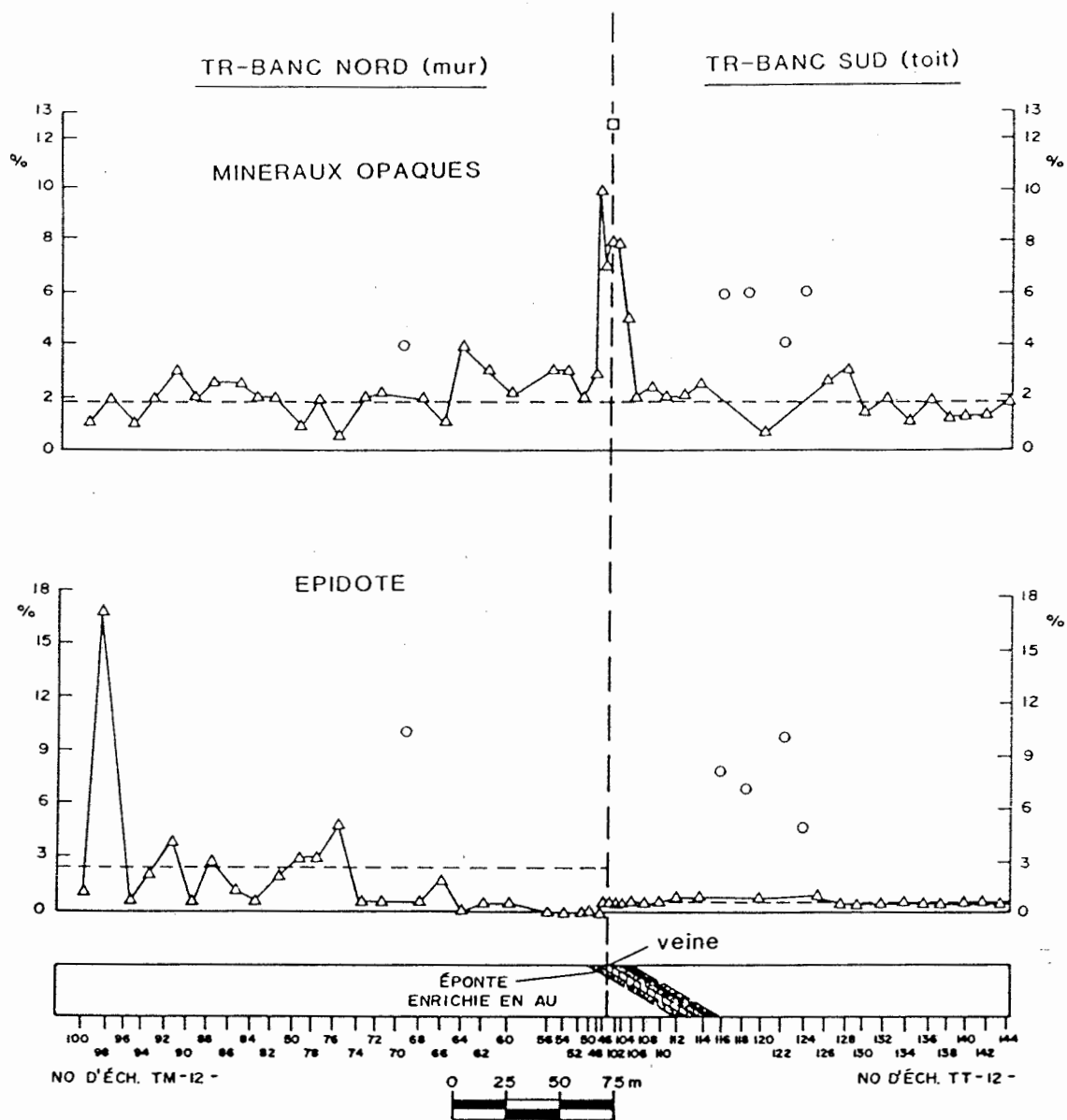
△ Trondhjemite

○ Tonalite

□ Dyke basique

--- Moyenne de la trondhjemite des roches encaissantes

Figure 6.1 - Profil minéralogique à travers la zone minéralisée et les roches encaissantes au niveau 12 (suite 1).

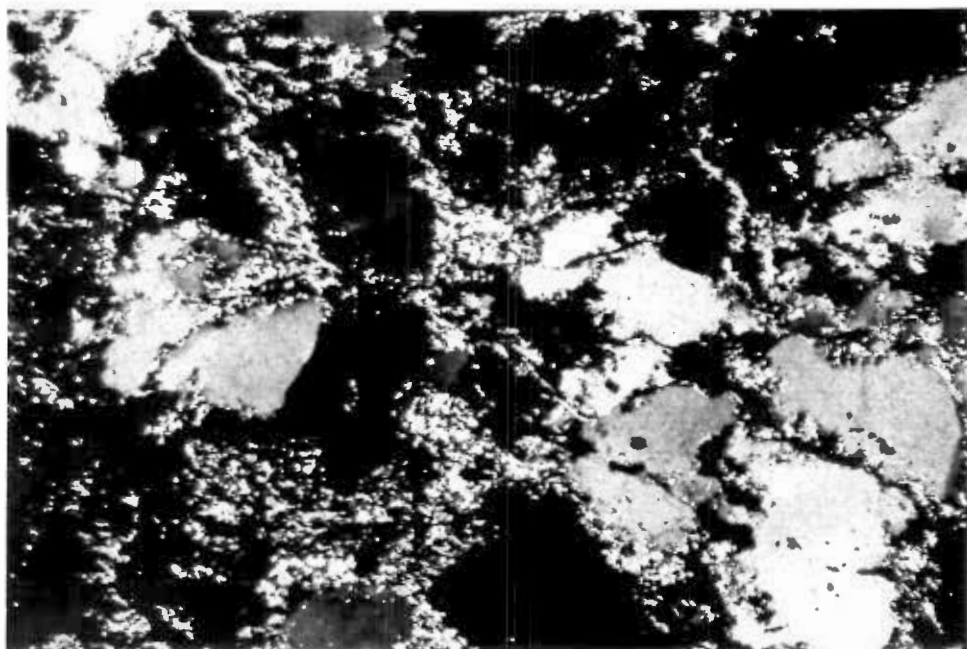


— LEGENDE —

- △ Trondhjemite
- Tonalite
- Dyke basique

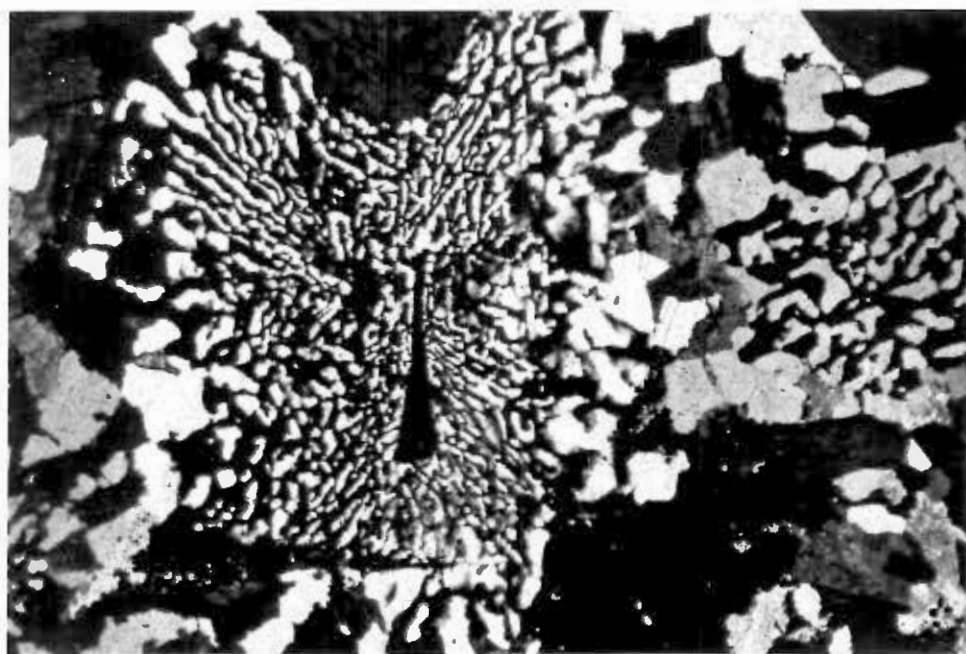
--- Moyenne de la trondhjemite des roches encaissantes

Figure 6.1 - Profil minéralogique à travers la zone minéralisée et les roches encaissantes au niveau 12 (suite 2 et fin).



0 0,8mm

Figure : Granitoïde quartzique: quartz anédrique, chlorite et séricite interstitielles [L.P., éch. TT-12-140].
6.2



0 0,8mm

Figure : Textures granophyrique et micrographique dans une trondhjemite [L.P., éch. N-7E-19].
6.3

biotite et de minéraux opaques conjuguée à une granulométrie fine du quartz et des plagioclases donnent à la roche un aspect mafique. Les roches nommées "diorites quartzifères" sont souvent des trondhjémites très altérées en chlorite et en carbonate; ces roches ont une composition moyenne de 31% de quartz, 36% de plagioclase, 17% de carbonate, 12% de chlorite, 2,5% d'opaux et des traces d'épidote, de séricite, de biotite et d'oxydes de fer et de titane.

La composition moyenne de la trondhjémite des roches encaissantes s'établit comme suit: 49,4% de quartz, 37,6% de plagioclase, 5,4% de chlorite, 2,0% d'épidote (pistachite et clinozoïsite), 1,9% de minéraux opaques, 1,7% de séricite, 1,6% de carbonate et des quantités mineures de minéraux accessoires (tableau 6.1). Parmi ces derniers, on observe du leucoxène, de la biotite, de la stilpnomélane, du zircon, de l'apatite, du rutile et du sphène. Les grains de quartz et de plagioclase sont souvent en intercroissance pour former des plages à textures micrographique et microgranophyrique pouvant atteindre sept millimètres de dimension (fig. 6.3).

Les grains de quartz sont xénomorphes et à contour irrégulier; ils remplissent les interstices entre les

TABLEAU 6.1

ESTIMATION VISUELLE (%) DE LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE MOYENNE
DES ROCHES ENCAISSANTES, DES EPONTES ET DE LA ZONE MINÉRALISÉE

MINÉRAUX	ROCHES ENCAISSANTES					EPONTES			ZONE MINÉRALISÉE	
	TRONDHJEMITE (n=32)			TONALITE (n=5)	D."BASIQUE" (n=1)	TRONDHJEMITE (n=10)			TRONDHJEMITE (n=14)	D."BASIQUE" (n=4)
	MUR	TOIT	MOY.	MOY.		MUR	TOIT	MOY.	MOY.	MOY.
QUARTZ	48,6	50,8	49,4	23,4	20	28,8	45,2	37,0	31,0	24,7
PLAGIOCLASE	40,7	32,6	37,6	51,4	52	55,0	36,8	45,9	48,5	24,7
CHLORITE	3,3	8,8	5,4	3,4	12	0	0	0	2,1	18,1
						(0-6 m)*				
						8,3	14,3	11,3		
						(6-21 m)*				
CARBONATE	1,7	1,3	1,6	1,8	10	5,6	2,9	4,3	10,0	20,1
SERICITE	0,6	3,6	1,7	0,6	1-2	(0-9,8 m)*	0		0,4	Tr
						(9,8-21 m)*	2,5			
EPIDOTE	2,5	0,8	2,0	8,0	0	<1	<1	<1	Tr	Tr
OPAQUES	2,1	1,8	1,9	5,2	0	(0-6 m)*	6,5		7,9	12,0
						(6-21 m)*	2,4		5,2(Py)	7,0(Py)
MINÉRAUX ACCESSOIRES	0,5	0,3	0,4	6,2	4	Tr	Tr	Tr	Tr	0,3

Minéraux accessoires : biotite, stilpnomélane, hornblende, leucoxène, rutile, apatite, zircon, allanite, sphène.

* : Distance en mètres de la zone minéralisée.

Py : pyrite.

bâtonnets de plagioclases idiomorphes ou hypidiomorphes. Les plagioclases à mâcles simples et polysynthétiques présentent des surfaces légèrement troubles, lesquelles résultent d'une altération en taches cryptocristallines d'oxydes de fer et de titane. En général, les plagioclases sont faiblement damouritisés; cette altération se manifeste par la présence de paillettes de séricite et par des inclusions de chlorite, de calcite et d'épidote (fig. 6.4).

La dimension moyenne des grains formant la trondhjémite se situe entre deux et quatre millimètres. La chlorite, la calcite, l'épidote et les minéraux opaques forment des amas de plusieurs millimètres de dimension. Les opaques sont surtout des taches d'hématite associées à des grains anédriques et microscopiques de magnétite. La pyrite est rare; elle est perceptible lorsqu'elle se concentre dans les fractures. Les minéraux secondaires et les opaques sont aussi distribués dans les mini-fractures qui traversent la roche.

Mégascopiquement, la tonalite se caractérise par la présence d'amas mafiques de forme aciculaire pouvant constituer jusqu'à 20% de la roche. Ces amas diffèrent de ceux de la trondhjémite, non seulement par leur forme mais aussi par leur composition: ils contiennent de la

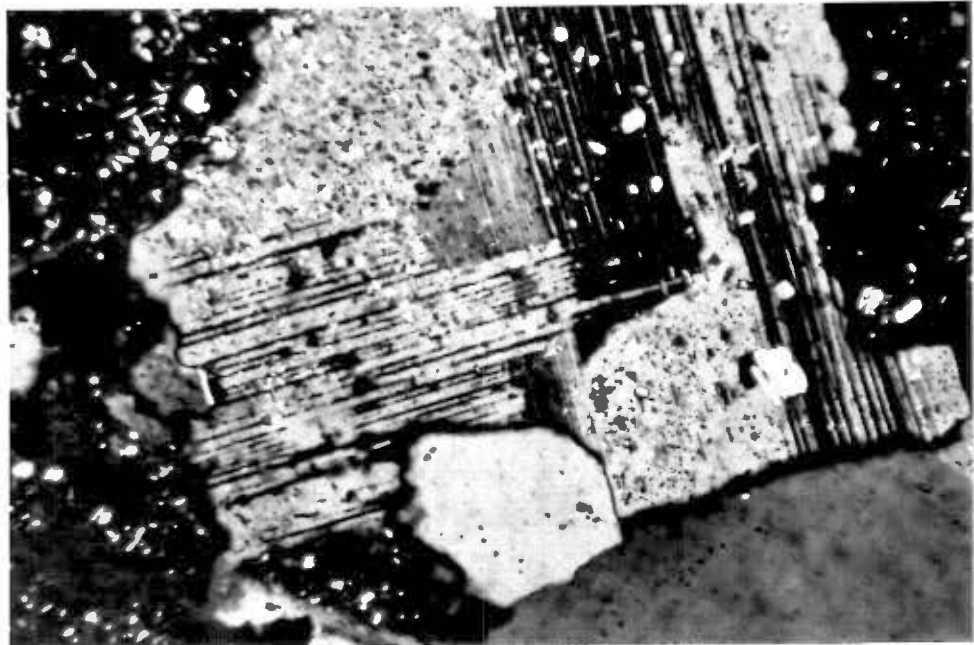


Figure : Plagioclase partiellement altéré en calcite et en séricite
6.4 [L.P., éch. N-7W-23].

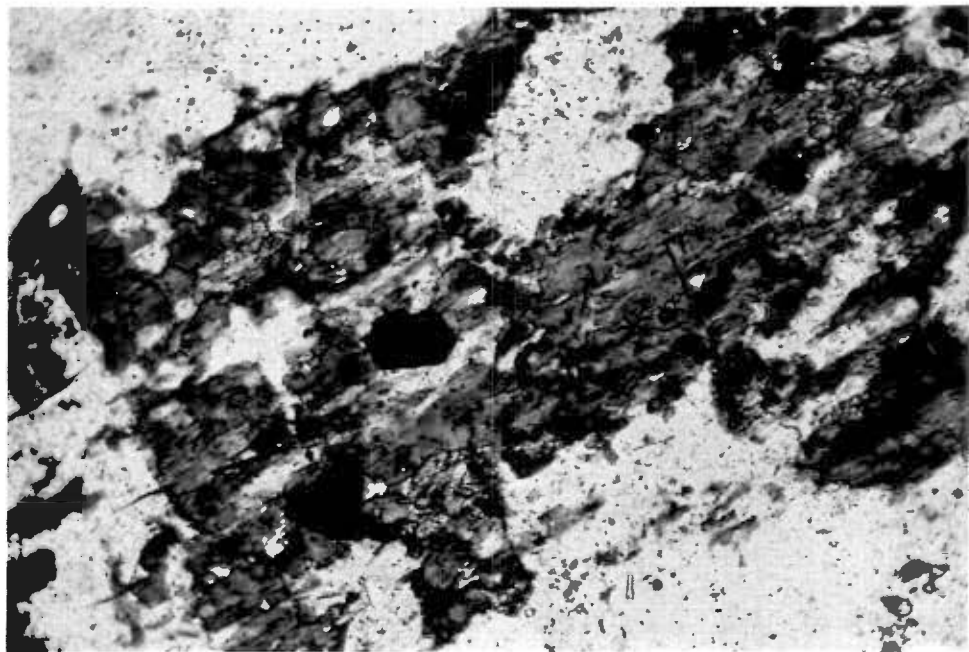


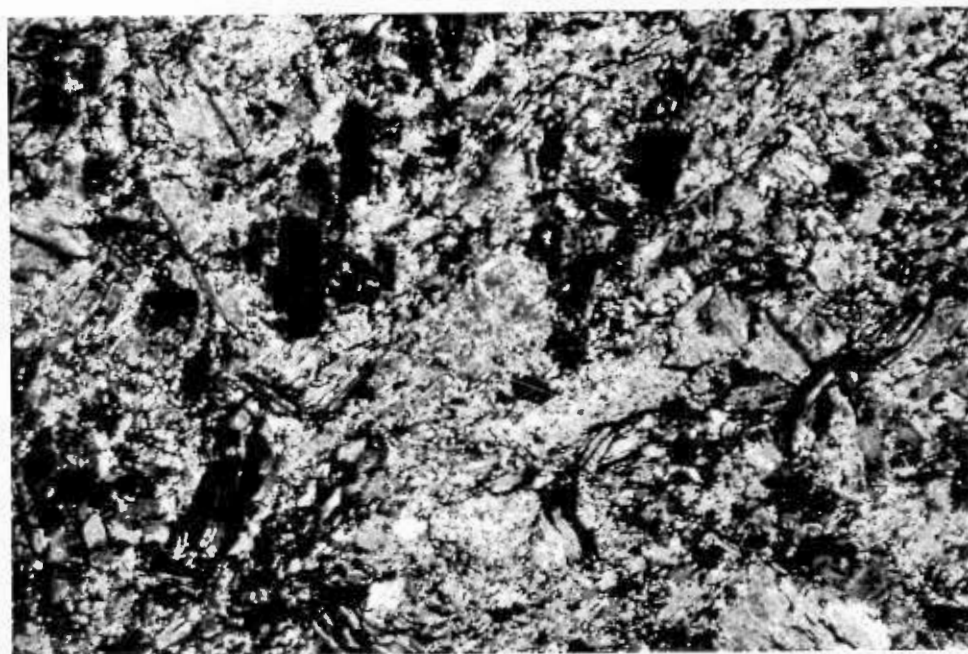
Figure : Hornblende altérée en magnétite, biotite et calcite dans une
6.5 tonalite [L.N., éch. TT-12-122].

hornblende verte, absente dans la trondhjémite. La hornblende est partiellement ou totalement remplacée par la biotite, la chlorite, la calcite, l'épidote et la magnétite (fig. 6.5). Dans la tonalite, la magnétite et les autres minéraux opaques forment jusqu'à 6% de la roche (fig. 6.1). La biotite en feuillets semble être de nature ferrique (lépidomélane). Les bâtonnets de plagioclase composent la majorité des minéraux de la tonalite (tableau 6.1); ceux-ci sont parfois remplacés par l'épidote et occasionnellement zonés; dans ce dernier cas, les plagioclases sont formés d'un coeur d'épidote et d'une bordure limpide. Cette zonalité indique la diminution de la calcicité des plagioclases du centre vers la bordure des cristaux. Les textures de la tonalite sont semblables à celles de la trondhjémite; la texture intersertale est commune.

La présence de la tonalite dans les roches hybrides influence la teneur en quartz et en plagioclase dans la trondhjémite adjacente. Les valeurs les plus faibles en quartz et les plus élevées en plagioclase de la trondhjémite se retrouvent aux endroits où celle-ci est à proximité de la tonalite. De plus, les valeurs les plus élevées en épidote coïncident avec la présence de la tonalite ou des dykes de lamprophyre dans les roches encaissantes (fig. 6.1).

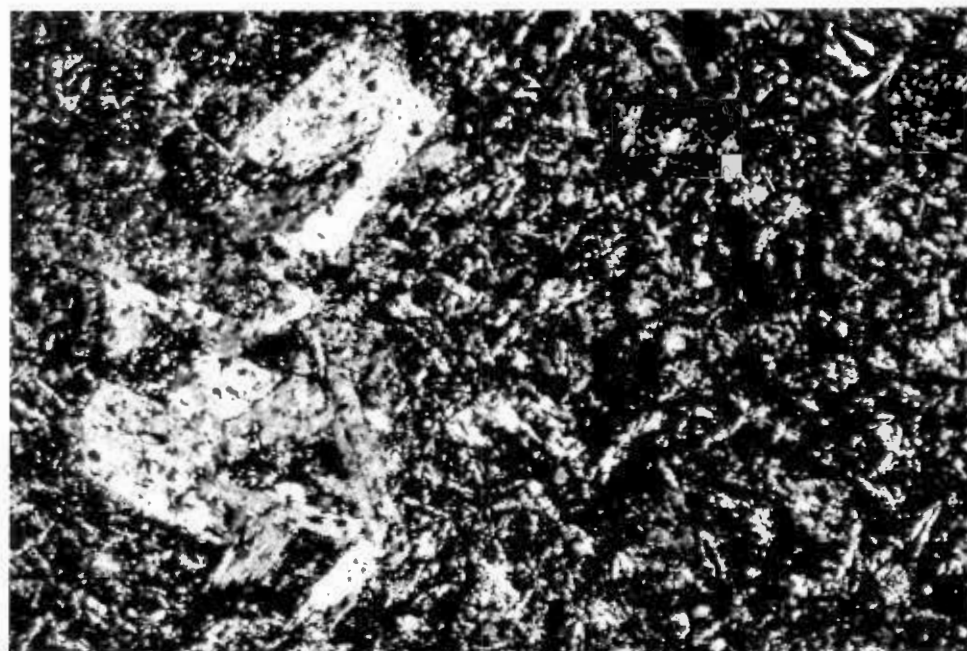
Les dykes de lamprophyre sont des roches gris verdâtre, schisteuses et hétérogènes, parfois rubanées et fragmentaires, porphyriques ou très finement grenues. La texture originale est presque entièrement détruite par l'intense altération qu'a subie cette roche. La biotite chloritisée est le seul minéral ferromagnésien primaire que l'on puisse reconnaître. Les feuillets de biotite constituant jusqu'à 30% de la roche se présentent en phénocristaux de un à deux millimètres de dimension. On reconnaît également quelques micro-phénocristaux de plagioclase. La matrice à grains fins est majoritairement composée de séricite, de calcite et d'une quantité moindre de chlorite, de quartz, de plagioclase, de muscovite, d'épidote, de minéraux opaques et d'oxydes de fer et de titane (fig. 6.6). L'abondance de calcite et de séricite indique qu'originellement les plagioclases devaient constituer une partie importante de la roche. Du côté du mur de la zone minéralisée, au niveau 12, les dykes de lamprophyre contiennent de 1 à 3% de pyrite.

Les dykes de lamprophyre sont traversés par de nombreuses veines et veinules de calcite. Près du site d'échantillonnage TT-12-135b, le dyke de lamprophyre est conjugué à un dyke de felsite qui a provoqué une silicification de la roche encaissante (carte 4). Cette variété



0 0,8mm

Figure : Lamprophyre composé de biotite, chlorite, calcite et plagioclase séricitisé [L.P., éch. TM-12-74a].
6.6

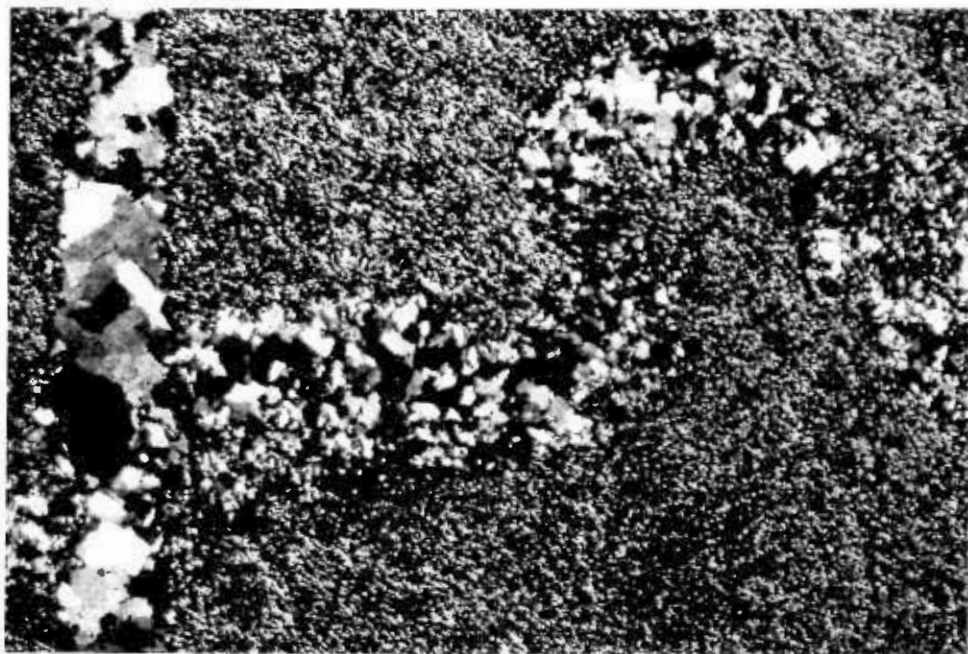


0 0,8mm

Figure : Felsite gloméroporphyrique: phénocristaux de plagioclase dans une pâte microlitique [L.P., éch. TT-12-126a].
6.7

de lamprophyre, traversant les roches encaissantes de la mine Elder et composée de biotite et possiblement de plagioclase sodique, pourrait être du type minette (Moorhouse, 1959).

Le terme "felsite" est un mot de terrain qui représente un dyke felsique finement grenu et parfois porphyrique. A la mine Elder, les dykes de felsite sont isolés ou associés aux dykes de lamprophyre. Ils sont généralement laminés, légèrement schisteux, à grains très fins ou porphyriques. Les phénocristaux de plagioclase inclus dans la matrice à texture microlitique composent, au plus, 2% de la roche (fig. 6.7). La felsite est gris foncé verdâtre ou vert pâle et homogène ou hétérogène: elle consiste parfois en une alternance de laminations de chlorite et de quartz-plagioclase. Le quartz et les plagioclases micro- à crypto-cristallins composent environ 60% de la roche. La chlorite et la séricite sont les principaux minéraux d'altération. Les opaques, l'épidote, la calcite, le leucoxène et les oxydes de fer et de titane sont en quantité moindre dans la roche. Des veinules de quartz plissées et recoupées par des veinules de calcite et de quartz de deuxième génération traversent les dykes de felsite (fig. 6.8).



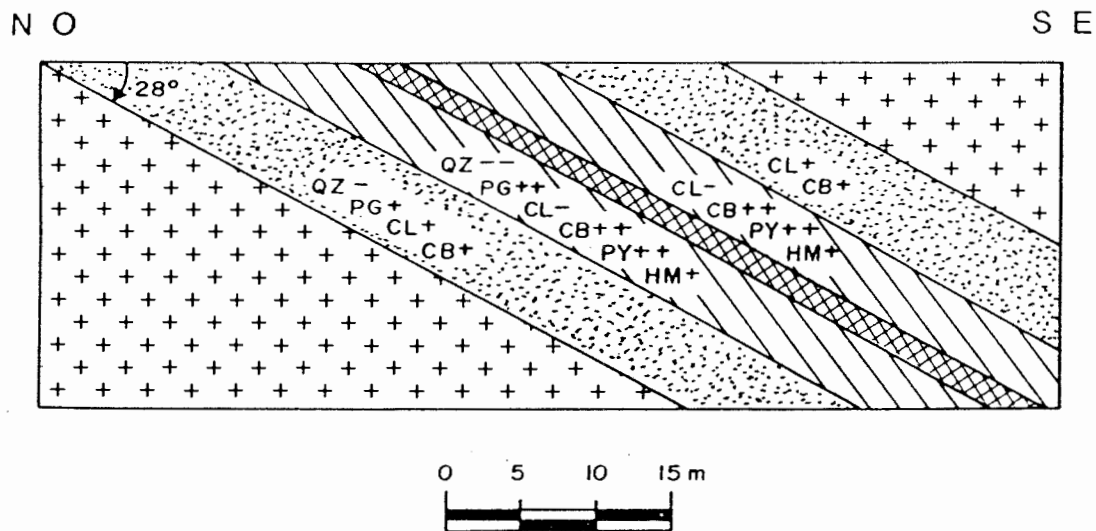
0 0,8mm

Figure : Veine de quartz plissée et recoupée par une veine de quartz-carbonate, dans un dyke de felsite [L.P., éch. TT-12-135a].
6.8

6.3 Épontes

Cette section ne fait mention que de la description microscopique des épontes, leur description mégascopique ayant fait l'objet d'une section précédente. La zone minéralisée est bordée d'une bande d'altération comportant des changements minéralogiques importants: cette bande d'altération forme les épontes. Les épontes des veines nos 1, 3 et 5 se composent de trondhjemite, et localement de gabbro, de diorite quartzifère et de tonalite. Sur le niveau 12, de chaque côté de la zone minéralisée (veine no 1), les épontes sont formées de deux bandes symétriques de 21 mètres d'épaisseur (épaisseur réelle: 10,5 mètres). Autant du côté du toit que du mur, l'altération n'est visible que sur les neuf premiers mètres en bordure de la zone minéralisée; au-delà de cette distance, jusqu'à 21 mètres, l'altération est cryptique et elle n'a été observée qu'au microscope (fig. 6.9). L'altération visible à la mine Elder se définit par la présence de nombreuses veinules de quartz et de minéraux opaques, de carbonate et de chlorite.

Robert et Brown (1984) ont observé ces deux types d'altération à la mine Sigma à Val d'Or; dans cette mine, les altérations visible et cryptique ne se manifestent que sur des distances respectives de 50 centimètres et de deux







		<u>ALTERATION</u>
	Zone minéralisée	QZ : Quartz
	Zone d'altération visible	PG : Plagioclase
	Zone d'altération cryptique	CL : Chlorite
	Roches encaissantes	CB : Carbonate
		PY : Pyrite
		HM : Hématite
		+, ++ : faible et forte augmentations
		-, -- : faible et forte diminutions

Figure 6.9 – Représentation schématique de l'altération visible et cryptique des épontes au niveau 12.

mètres de la zone minéralisée. Ces auteurs ont remarqué que l'altération était plus étendue dans les dykes de diorite porphyrique et de porphyre feldspathique que dans les andésites. Le degré de fracturation étant fonction de la compétence des roches encaissantes, on constate que les roches intrusives de la mine Elder auraient favorisé une plus grande pénétration des liquides hydrothermaux que les roches volcaniques de la mine Sigma, provoquant ainsi une altération s'étendant sur une plus grande distance.

Sur une distance de six mètres en bordure de la zone minéralisée, la trondhjémite ne contient que des traces de chlorite. Par contre, entre six et 21 mètres de la zone minéralisée, la trondhjémite contient une quantité de chlorite supérieure à la moyenne des roches encaissantes; dans cette partie, les épontes contiennent jusqu'à 30% de chlorite comparativement aux moyennes des roches encaissantes qui se situent à 3,3% au mur et à 8,8% au toit (fig. 6.1). Deux types de chlorite sont présents dans ces roches: les chlorites ferrifère et magnésienne. La séricite suit approximativement le même patron de distribution que la chlorite. En bordure de la zone minéralisée, la séricite est absente et au-delà de 13 jusqu'à 21 mètres elle constitue 4% de la roche.

Dans l'éponte inférieure, par rapport aux roches encaissantes, l'augmentation de 40,7 à 55% en plagioclase donne à la roche altérée un aspect vitreux. Cette variation des plagioclases est beaucoup moins marquée dans l'éponte supérieure. En effet, dans le toit, en s'approchant de la zone minéralisée, la quantité de plagioclase n'augmente que de 32,6 à 36,8%. A l'augmentation de plagioclase observée dans l'éponte inférieure correspond une diminution à 28,8% de la quantité de quartz par rapport à la valeur moyenne des roches encaissantes qui est de 48,6% (fig. 6.1). La diminution de la quantité de quartz par rapport aux roches encaissantes est minime du côté du toit.

Dans les épontes, les carbonates et les minéraux opaques possèdent le même patron de distribution. Les quantités de ces minéraux augmentent de façon marquée près de la zone minéralisée (fig. 6.1). L'altération en carbonate débute à environ 21 mètres de la zone tandis que la pyritisation visible ne débute qu'à neuf mètres. L'augmentation subite des opaques correspond à la disparition de la chlorite à six mètres de la zone minéralisée. Dans le mur, les carbonates composent jusqu'à 8% de la roche. La quantité des minéraux opaques atteint 12% en bordure de la zone minéralisée. En général, la pyrite compose la

majorité des opaques; localement, l'hématite, la magnétite et les oxydes de fer et de titane sont aussi abondants que la pyrite. Tous ces minéraux se distribuent en veinules, en amas millimétriques et en grains isolés disséminés dans la roche. Les grains sont finement grenus et de dimension inférieure à deux millimètres.

La quantité d'épidote dans les roches encaissantes étant généralement faible (moyenne: 2%), les variations de ce minéral dans les épontes ne sont pas très significatives. Néanmoins, les amas d'épidote observés dans les roches encaissantes sont absents dans les épontes; celles-ci contiennent moins de 1% de ce minéral (fig. 6.1).

Parmi les autres minéraux observés dans les roches des épontes, on distingue, dans quelques échantillons, des traces de zircon et de sphène, et de la biotite (2% de la roche) dans une diorite quartzifère près de la veine no 5, sur le niveau 7.

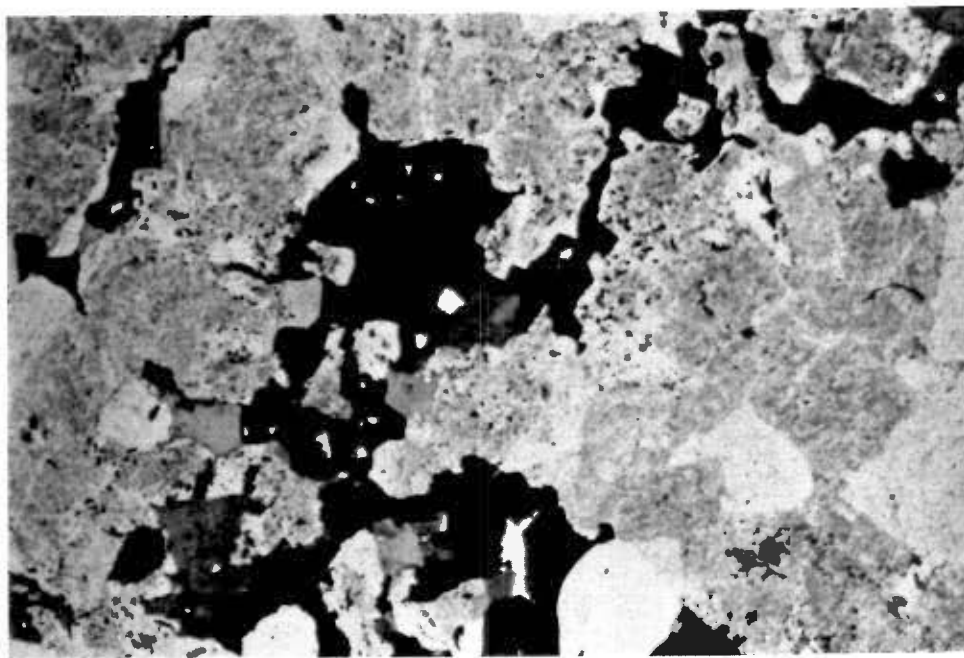
L'altération des épontes en bordure de la zone minéralisée n'a pas modifié la texture originale de la roche. La granulométrie demeure inchangée: les grains sont généralement de dimension inférieure à quatre millimètres. Les plagioclases mâclés sont variablement altérés en carbonate,

en chlorite, en séricite, et en oxyde de fer et de titane; ils sont par endroits silicifiés et albitisés. Les textures granophyrique et micrographique formées par l'intercroissance du quartz et des feldspaths sont préservées (fig. 6.3). La magnétite à grains microscopiques ou très finement grenue est souvent en amas interstitiels, tandis que les grains de pyrite sont majoritairement dans les mini-fractures et dans les veinules de quartz, carbonate et chlorite. Les autres opaques, tels que l'hématite et les oxydes de fer et de titane, sont surtout en plages microscopiques sur les plagioclases.

)

Sur le niveau 12, dans les épontes inférieures, un dyke d'aplite traverse la trondhjémite altérée. La composition de ce dyke est similaire à celle de la trondhjémite finement grenue; le quartz et les plagioclases constituent environ 85% de cette roche. Par contre, ce dyke contient, par endroits, 20% de chalcopryrite et de pyrite distribuées dans les mini-fractures et dans les interstices formées par le quartz et les plagioclases (fig. 6.10). En s'approchant de la veine no 1, dans la zone enrichie en chlorite, le dyke d'aplite devient schisteux, très finement grenu et aphanitique, fortement carbonatisé, très chloritisé et séricitisé. Ce dyke contient 60% de carbonate, 16% de séricite, 12% de chlorite ferrifère, 10% de plages

)



0 0,8mm

Figure : Aplite minéralisée composée de quartz, chlorite, plagioclase altéré et sulfures [L.N., éch. TM-12-56a].
6.10

microscopiques d'oxydes de fer et de titane, 2% de quartz et des traces de magnétite et de pyrite. Les plagioclases sont entièrement remplacés par les carbonates de fer. De plus, le dyke d'aplite est traversé par des veinules de quartz et de carbonate. Le dyke d'aplite et la trondhjémite montrent le même type d'altération le long de la zone minéralisée; ce fait signifie que la mise en place du dyke d'aplite, tout comme celle de la trondhjémite, est antérieure à la minéralisation.

6.4 Zone minéralisée

La zone minéralisée se compose d'une veine de quartz contenant des fragments des roches encaissantes altérées. Ces fragments sont de deux types: trondhjémiques et dioritiques. Ce dernier type provient du dyke "basique" situé en bordure de la zone minéralisée. Ce chapitre ne traite que des minéraux transparents constituant les roches; les minéraux opaques seront décrits en détail dans le chapitre 7.

Comparativement à la composition minéralogique moyenne de la trondhjémite des roches encaissantes, les fragments de la zone minéralisée montrent des augmentations de 37,6 à 48,5% en plagioclase, de 1,6 à 10% en carbonate et de 1,9 à

7,9% en minéraux opaques. Parallèlement à ces augmentations, les fragments de trondhjémite ont subi des diminutions de 49,4 à 31% en quartz, de 5,4 à 2,1% en chlorite, de 1,7 à 0,4% en séricite. L'épidote et les minéraux accessoires observés dans les roches encaissantes ne sont présents qu'en traces dans les fragments minéralisés (fig. 6.1). D'autre part, par rapport à l'éponte inférieure, la quantité de plagioclase dans les fragments de trondhjémite diminue de 6,5% alors que la quantité de quartz augmente de 2,2%. Le phénomène inverse est observé par rapport à l'éponte supérieure: la quantité de quartz diminue, tandis que celle des plagioclases augmente dans les fragments de la zone minéralisée (fig. 6.1).

L'altération en carbonates (calcite et carbonate de fer) des fragments de trondhjémite est proportionnelle au degré de fracturation de la roche. Dans la zone minéralisée, les fragments appauvris en plagioclase sont ceux qui contiennent des quantités importantes de carbonate. La calcite et les carbonates de fer sont disséminés et en veinules. Par exemple, l'échantillon N-7E-34 est un fragment de trondhjémite très altérée contenant 40% de carbonate et environ 20% de plagioclase. Lorsque les fragments sont moins fracturés, les quantités de quartz et de carbonate sont moins importantes; les plagioclases peuvent alors

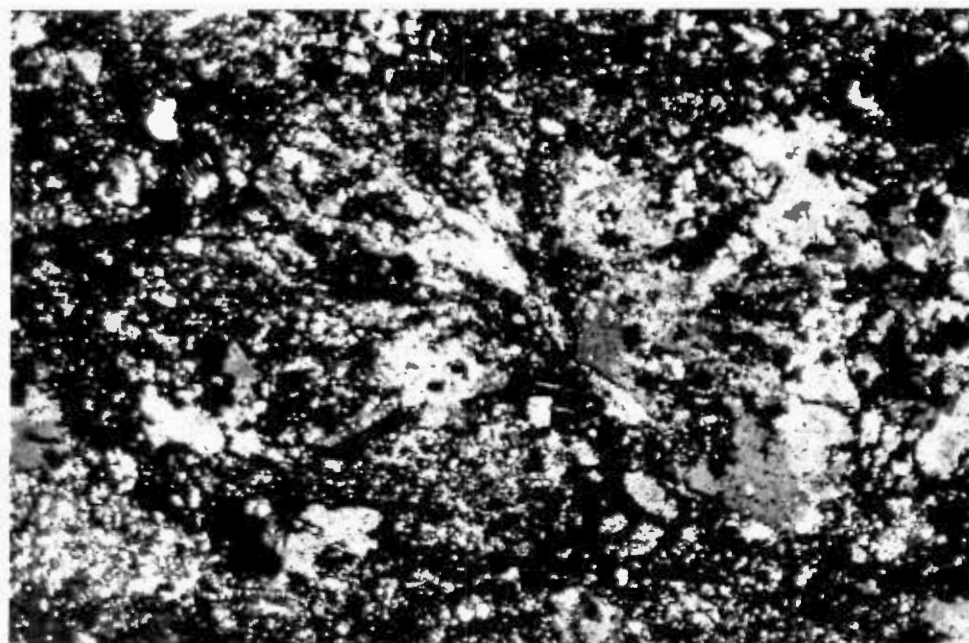
former 74% de la roche (N-7W-29). Dans ce dernier cas, les plagioclases faiblement carbonatisés remplacent le quartz qui ne forme que 3% de la trondhjémite albitisée. Ces bâtonnets idiomorphes de plagioclase, de dimension moyenne de un millimètre, montrent des sections mâclées et limpides (albite pure). Malgré une diminution de la quantité de quartz dans les fragments de la zone minéralisée, ces fragments sont en général légèrement silicifiés: les grains de quartz recristallisés sont limités aux bordures des veines de quartz.

Si l'on exclut les échantillons très carbonatisés, la plupart des fragments de trondhjémite minéralisés montrent des textures semblables à celles observées dans les roches encaissantes. Les bâtonnets entrelacés de plagioclase limpide ou à surface nébuleuse forment des textures intersertales ou micrographiques lorsqu'ils sont en intercroissance avec le quartz. La trondhjémite montre une texture cataclastique en bordure des veines de quartz et de carbonate; elle possède des grains moyens à fins dont les dimensions sont inférieures à deux millimètres.

La composition minéralogique des fragments du dyke "basique" (diorite altérée) inclus dans la zone minéralisée diffère beaucoup de la composition des fragments de

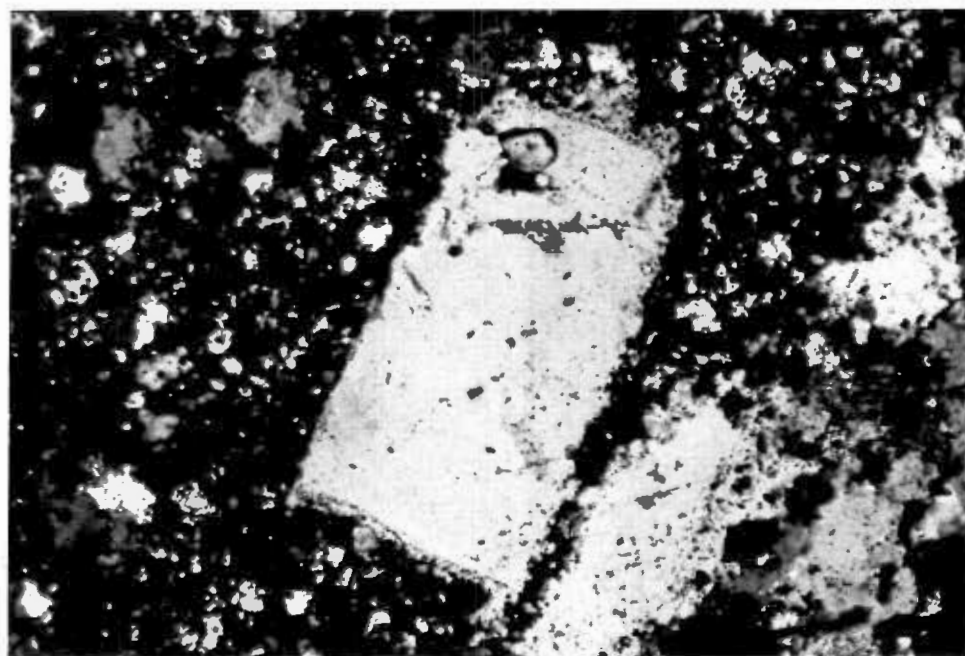
trondhjémite. En effet, le dyke "basique" étant de composition plus mafique que la trondhjémite, les quantités de carbonates (calcite et carbonate de fer), de chlorite et d'oxydes de fer et de titane sont beaucoup plus importantes dans les fragments du dyke. Par conséquent, les valeurs en quartz et en plagioclase en sont proportionnellement diminuées. Ces deux minéraux sont en quantités égales: ils composent environ 48,5% de la roche. Les carbonates, la chlorite et les minéraux opaques (oxydes de fer et de titane inclus) forment respectivement 20, 18 et 12,5% de la roche. Le dyke "basique" contient une quantité négligeable de séricite, d'épidote et de biotite associée à la chlorite. Par ailleurs, aux endroits où les fragments du dyke sont schisteux, les paillettes de séricite alignées dans les plans de schistosité peuvent composer jusqu'à 7% de la roche. La chlorite magnésienne ou ferrifère se concentre dans les mini-fractures, dans les interstices et autour des cubes de pyrite.

Les grains de la diorite altérée sont fins à aphanitiques; les grains les plus grossiers sont les sphérules de quartz et de plagioclase, de dimension inférieure à 3,5 millimètres (fig. 6.11). Ces sphérules baignent dans une matrice quartzo-feldspathique et chloriteuse à grains micro- à cryptocristallins. Le quartz recristallisé et les



0 0,8mm

Figure : Dyke "basique" montrant une sphérule quartzo-feldspathique
6.11 dans une matrice de carbonate et chlorite [L.P., éch. N-7E-20]



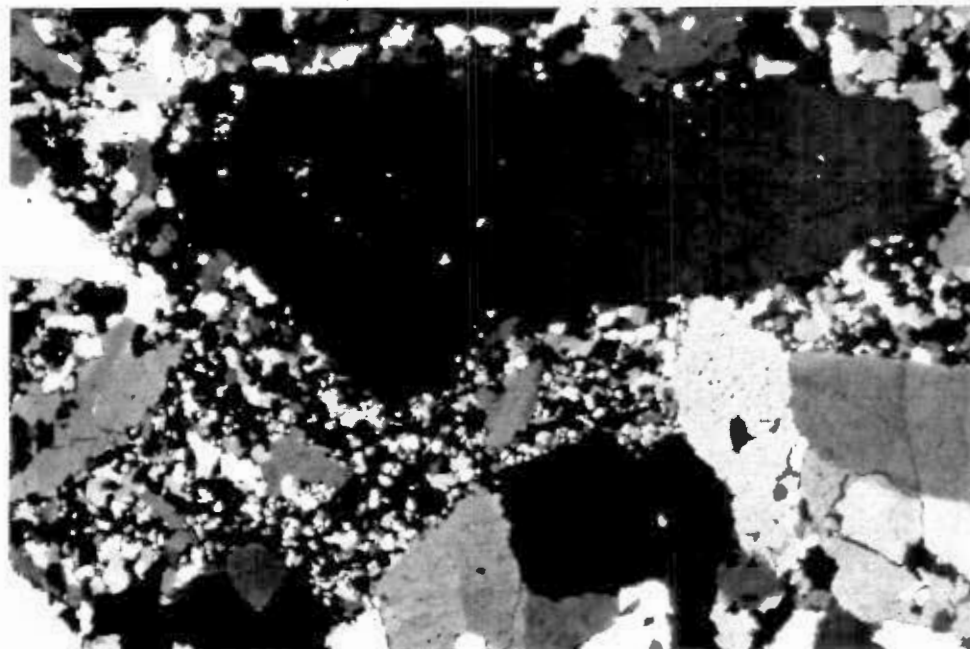
0 0,2mm

Figure : Plagioclase idiomorphe albitisé avec une couronne silicifiée
6.12 dans le dyke "basique" [L.P., éch. N-7E-20].

plagioclases mâclés et limpides de la matrice sont des produits de la silicification et de l'albitisation de la roche (fig. 6.12). Les carbonates se distribuent dans la matrice, sur les plagioclases et dans les mini-fractures. Par endroits, les veinules de carbonate recourent les veinules de quartz. Ces dernières sont formées de grains grossiers (six millimètres de dimension) de quartz soudés entre eux par du quartz microscopique et granoblastique (fig. 6.13).

Quelques échantillons de la diorite ont été prélevés dans les gonflements du dyke "basique", à l'extérieur de la zone minéralisée. La roche la moins altérée correspond à une diorite partiellement chloritisée, carbonatisée et légèrement silicifiée et albitisée. Cette diorite relativement fraîche possède un assemblage minéralogique similaire aux fragments de la diorite altérée; cependant, elle se distingue des fragments de diorite de la zone minéralisée par une altération beaucoup moins intense et par une quantité moindre de minéraux opaques (1 à 2%). Les principaux minéraux composant la "diorite fraîche" sont les plagioclases (52%) et le quartz (20%) (tableau 6.1).

En plus des fragments du dyke "basique", la zone minéralisée contient des fragments de lamprophyre provenant de



0 0,8mm

Figure 6.13 : Veine de quartz grossier soudé par du quartz microscopique dans le dyke "basique" [L.P., éch. N-7E-16].

dykes qui lui sont légèrement discordants. Ces fragments de lamprophyre ont été observés sur les niveaux 9 et 12 de la mine; leur composition minéralogique est la suivante: 35% de quartz et de plagioclase, 33% de calcite, 25% de biotite en voie de chloritisation, 4% d'oxydes de fer et de titane, 2% d'opakes et des traces de séricite. Les lattes de biotite, de dimension moyenne de un millimètre, forment, avec la matrice quartzo-feldspathique très carbonatisée, une texture microporphyrrique.

CHAPITRE 7

MINERAGRAPHIE

7.1 Introduction

Ce chapitre traite des observations recueillies lors de l'étude microscopique de 23 lames minces polies (tableaux 7.1 et 7.2). La distribution générale des minéraux métalliques visibles à l'oeil nu a été déterminée précédemment. Ce chapitre décrit la nature, la texture et l'altération des minéraux métalliques présents dans la zone minéralisée et dans les épontes; de plus, il précise la granulométrie, la distribution et l'association minéralogique des grains d'or observés au microscope.

7.2 Principales phases minéralogiques

La quantité des minéraux opaques augmente lentement des roches encaissantes vers les épontes et abruptement près de la zone minéralisée (fig. 6.1). Les roches encaissantes contiennent une quantité moyenne de 1,9% d'opaques alors que les épontes en contiennent 2,4% dans l'intervalle de 26 à six mètres de la zone minéralisée. Dans les six mètres bordant la zone minéralisée, les opaques composent en

TABLEAU 7.1

ESTIMATION VISUELLE DE L'ASSEMBLAGE DES MINERAUX METALLIQUES
DANS LA TRONDHJEMITE DE LA ZONE MINERALISEE ET DES EPONTES

ECHANTILLON	PROVENANCE			MINERAUX METALLIQUES								
	ZM	ES	EI	PY (%)	RL (%)	HM (%)	MG (%)	CP (%)	IM (%)	MO (%)	GL (%)	AU
N-7E-4	X			6	1-2	Tr	<1		Tr			Tr
N-7E-5	X			8	1-2	Tr	Tr	Tr	Tr			Tr
N-7E-7		X		3	2							Tr
N-7E-11			X	3	1	Tr	1	<1				
N-7E-12	X			4	<1	1			Tr			
N-7E-14	X			12	1	Tr	Tr	<1	Tr			Tr
N-7E-16*	X			6	1	Tr	2-3	2				Tr
N-7E-18	X			5	<1	1		Tr				Tr
N-7E-19			X	1	1	<1	2					Tr
N-7E-20*	X			7	3	<1	<1	Tr				Tr
N-7E-21*	X			7	2		1	Tr				Tr
N-7E-22		X		4	<1	3	Tr			<1		
N-7W-23	X			3	<1	4	Tr	Tr				Tr
N-7W-29	X			8	3-4	<1		Tr				Tr
N-7E-32	X			6	1-2	Tr		Tr				Tr
N-7E-33	X			6				3-4			<1	Tr
N-7E-36	X			8	Tr	Tr		Tr				Tr
N-12E-146	X			3	<1	<1	Tr	Tr	Tr			
N-12E-147	X			2	<1	Tr		Tr	Tr			
N-12E-148*	X			8	8	Tr		Tr	Tr			Tr
N-12W-149	X			<1	1-2	Tr	Tr	Tr	Tr			
N-12W-150	X			2	3		<1	Tr				

ZM : Zone minéralisée, ES : Eponte supérieure, EI : Eponte inférieure.

PY : Pyrite, RL : Rutil, HM : Hématite, MG : Magnétite, CP : Chalcopryrite,
IM : Ilménite, MO : Molybdénite, GL : Galène, AU : Or.

* : Echantillon pris dans le dyke "basique".

TABLEAU 7.2
ASSOCIATION ET GRANULOMETRIE DE L'OR DANS LA TRONDHJEMITE

ECHANTILLON	VEINE	PROVENANCE		AU LIE A PYRITE			AU DANS LA GANGUE			GRANULOMETRIE (MM)	MINERAUX ASSOCIES	
		ZONE MIN.	EPONTE	INCLUS	DANS FRACTURE	ENTRE GRAINS	PRES PYRITE	DANS PLAGIO	AUTRES			
N-7E-4	3	X								0,02	CL	
										0,006		
										0,06 x 0,02		
										0,05 x 0,005		
										0,02		
										0,02 x 0,01		
0,01	CL											
N-7E-5	3	X								0,15 x 0,005		
										0,03		
										0,03		
N-7E-7	3		X							0,02	QZ	
										0,004		QZ
N-7E-14	3									0,015		
										0,02		
										0,03 x 0,01		
										0,02		
										0,01 x 0,005		
										0,005		
										0,03 x 0,02		PG Limpide
										0,015		
										0,01		
										0,01		
										0,02 x 0,01		
0,01												
0,01 x 0,02	CL											
0,01	CL											

MINERAUX ASSOCIES : CL - chlorite, QZ - quartz, EP - épidote, PG - plagioclase, HM - hématite, CB - carbonate.
(Cliv) : clivage.
* : Echantillon pris dans le dyke "basique".

TABLEAU 7.2 (suite)

ASSOCIATION ET GRANULOMETRIE DE L'OR DANS LA TRONDHJEMITE

ECHANTILLON	VEINE	PROVENANCE		AU LIE A PYRITE			AU DANS LA GANGUE			GRANULOMETRIE (MM)	MINERAUX ASSOCIES
		ZONE MIN.	EPONTE	INCLUS	DANS FRACTURE	ENTRE GRAINS	PRES PYRITE	DANS PLAGIO	AUTRES		
N-7E-16*	5	X		X					X	0,008 0,005	QZ
N-7E-18	1	X						X X X		0,004 0,01 x 0,02 0,008 x 0,003 0,01 x 0,005 0,006 x 0,003 0,02 x 0,006	HM
N-7E-19	1		X					X		0,02	
N-7E-20*	1	X		X X X X						0,054 x 0,01 0,01 0,01 x 0,03 0,012 0,004 0,005	
N-7E-21*	1	X		X	X		X X			0,01 0,004 0,004 0,004 0,01 0,004 0,004 0,004 0,004 0,004	CB CB QZ + CL CL(cliv)

MINERAUX ASSOCIES : CL - chlorite, QZ - quartz, EP - épidote, PG - plagioclase, HM - hémalite, CB - carbonate.
(Cliv) : clivage.

* : Echantillon pris dans le dyke "basique".

TABLEAU 7.2 (suite)

ASSOCIATION ET GRANULOMETRIE DE L'OR DANS LA TRONDHJEMITE

ECHANTILLON	VEINE	PROVENANCE		AU LIEU A PYRITE			AU DANS LA GANGUE			GRANULOMETRIE (MM)	MINERAUX ASSOCIES
		ZONE MIN.	BPONTE	INCLUS	DANS FRACTURE	ENTRE GRAINS	PRES PYRITE	DANS PLAGIO	AUTRES		
N-7W-23	1	X						X X	0,05 0,045 x 0,03	EP + HM HM	
N-7W-25	1	X		X			X		0,025 0,015		
N-7W-29	1	X		X X X X					0,06 0,06 0,06 0,06		
N-7E-32	5	X				X	X X		0,01 0,005 0,01 x 0,002	CL OZ	
N-7E-33	5	X		X X X X					0,05 x 0,02 0,03 x 0,02 0,01 0,01		
N-7E-36	3		X	X X X X X X X					0,015 0,03 0,03 x 0,01 0,02 x 0,01 0,05 x 0,01 0,05 x 0,01 0,05 x 0,01 0,01		
N-12E-14B*	1	X				X			0,004		

MINERAUX ASSOCIES : CL - chlorite, OZ - quartz, EP - épidote, PG - plagioclase, HM - hématite, CB - carbonate.
(Cliv) : clivage.

* : Echantillon pris dans le dyke "banique".

moyenne 6,5% de la roche. Les fragments de trondhjémite et de diorite altérée ("dyke basique") de la zone minéralisée contiennent respectivement 7,9 et 12,5% de minéraux opaques. L'augmentation brusque de la quantité d'opagues dans les épontes coïncide avec la disparition presque complète de la chlorite et de la séricite (fig. 6.1).

La pyrite constitue la grande majorité des minéraux opaques présents dans les fragments de trondhjémite (tableau 7.1); ce minéral compose en moyenne 5,2% des fragments. Par contre, dans les fragments de diorite altérée où la quantité d'opagues est souvent supérieure à celle observée dans la trondhjémite, le rutile compose jusqu'à 50% des minéraux métalliques (éch. N-12E-148). Ces fragments possèdent en moyenne 7% de pyrite. La majorité des lames minces polies contiennent des traces d'hématite, de magnétite et de chalcopyrite. Dans quelques échantillons, l'hématite et la chalcopyrite composent 4% de la roche. De l'ilménite, de la molybdénite et de la galène sont occasionnellement observées; ces minéraux forment moins de 1% de la roche. L'or est le seul élément natif identifié; il a été observé en traces dans 16 échantillons (tableau 7.2).

Les grains de pyrite sont majoritairement distribués

en amas millimétriques dans les veinules et en bordure des fragments. Ces veinules correspondent à plusieurs endroits à des zones de trondhjémite broyée fortement pyritisée, silicifiée et carbonatisée. En général, les grains de pyrite sont faiblement fracturés et montrent des sections carrées et rectangulaires euédriques ou sub-euédriques (fig. 7.1). La plupart des grains sont entourés d'une bande microscopique de chlorite magnésienne et ferrifère, et par endroits de carbonate (fig. 7.2). Quelques grains montrent des surfaces corrodées et des textures d'altération en limonite (figs 7.3 et 7.4). Les grains de pyrite disséminés et non fracturés contiennent rarement de l'or; ce sont les grains en amas et légèrement fracturés ou ceux contenant des inclusions de minéraux métalliques et de la gangue qui sont porteurs d'or. La majorité de ces grains de pyrite aurifère ont des dimensions inférieures à deux millimètres.

Outre la pyrite, le rutile est le minéral métallique le plus commun dans les fragments de la zone minéralisée. A l'exception de l'échantillon N-12E-148 qui contient 8% de rutile, les fragments contiennent en général moins de 3% de ce minéral (tableau 7.1). Le plus souvent, le rutile se présente en plages aphanitiques disséminées dans la gangue et parfois en inclusions dans la pyrite et dans les plagioclases (fig. 7.5). Localement, le rutile montre des

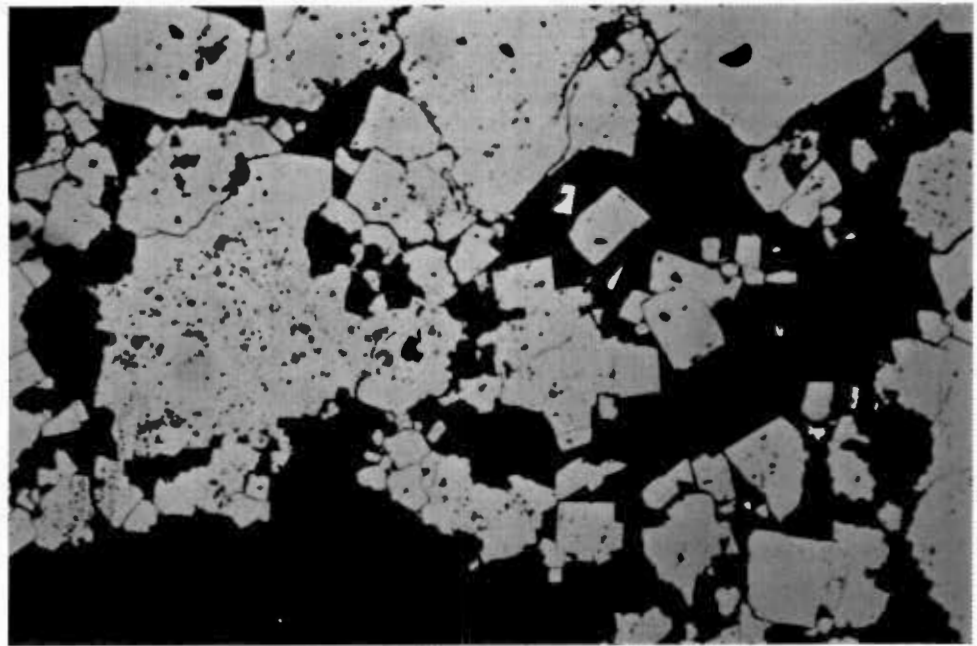


Figure : Grains de pyrite euédriques et sub-euédriques et un grain de
7.1 rutile interstitiel [L.N., éch.N-7E-37].

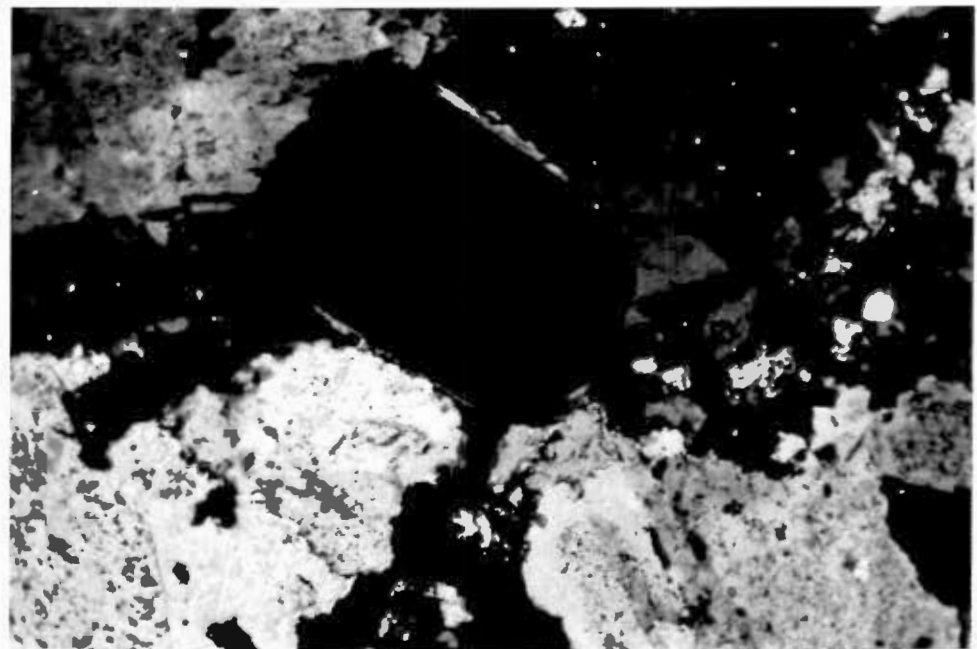
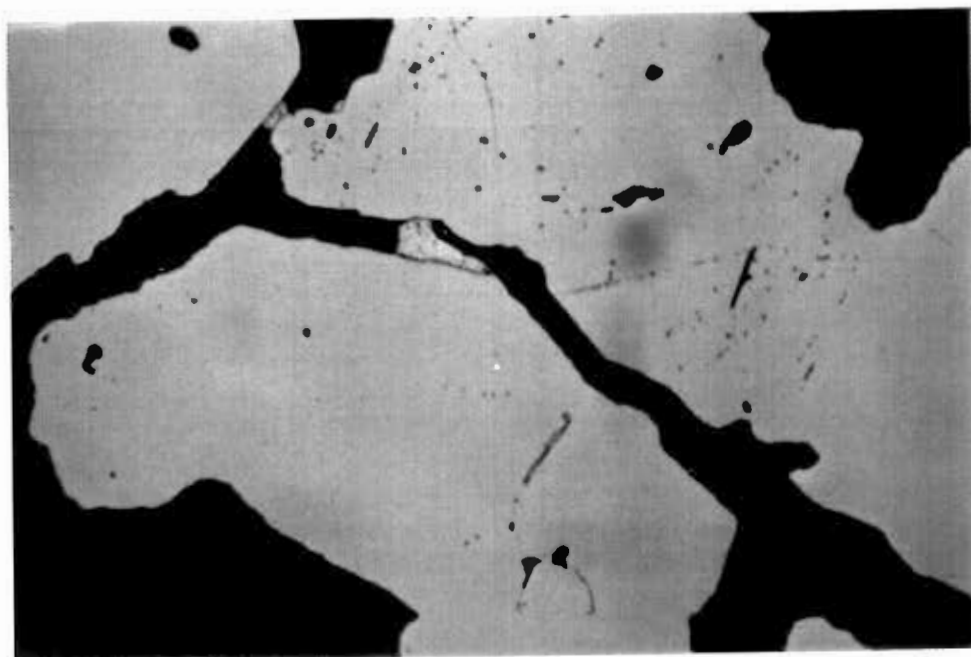
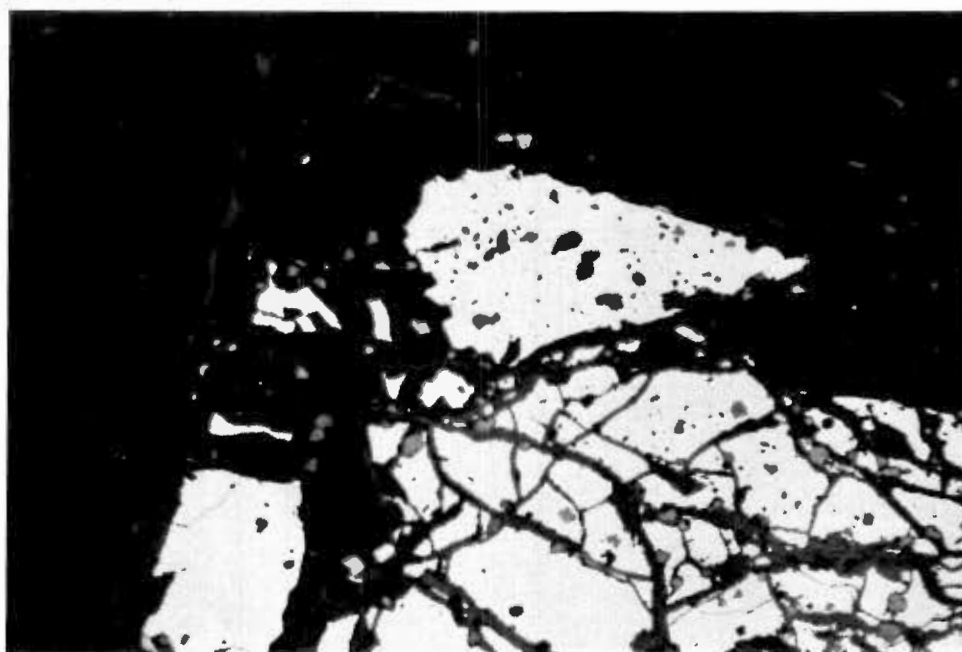


Figure : Grain de pyrite avec une auréole de chlorite magnésienne et
7.2 ferrifère [L.P., éch. N-7E-4].



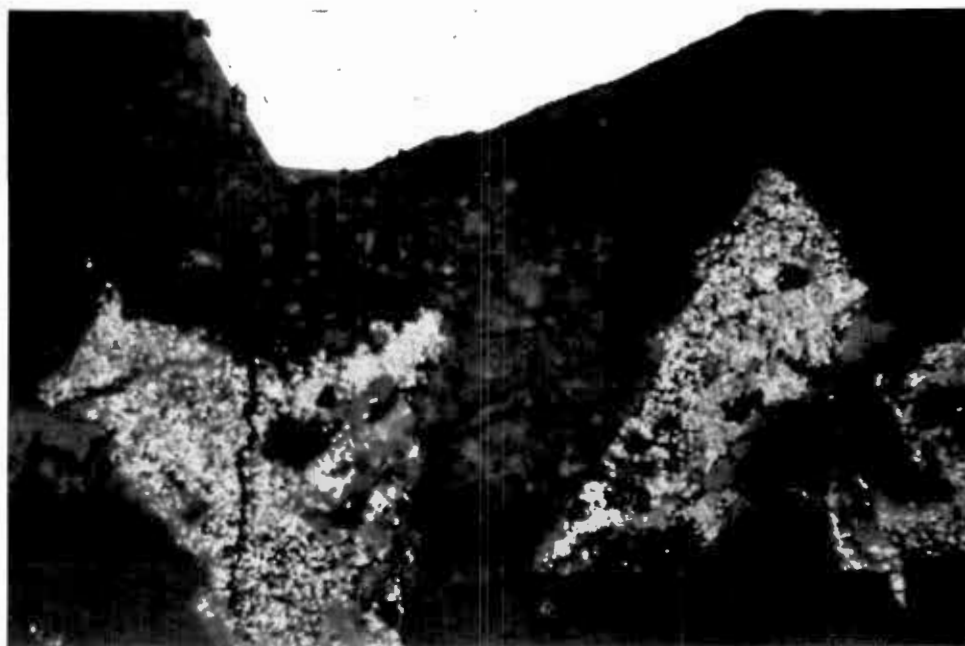
0 0,08mm

Figure : Grains d'or interstitiels entre la pyrite corrodée [L.N.,
7.3 éch. N-7E-41].



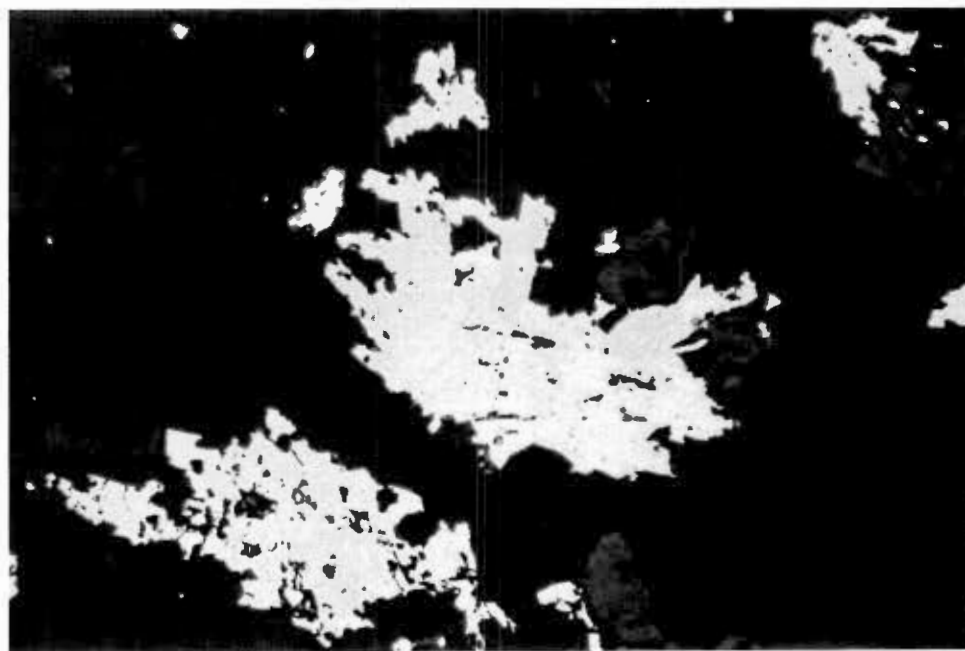
0 0,1mm

Figure : Grain de pyrite partiellement remplacé par la limonite [L.N.,
7.4 éch. N-7E-20].



0 0,1mm

Figure : Amas de rutile dans la gangue, près d'un grain de pyrite
7.5 [L.N., éch. N-7W-29].



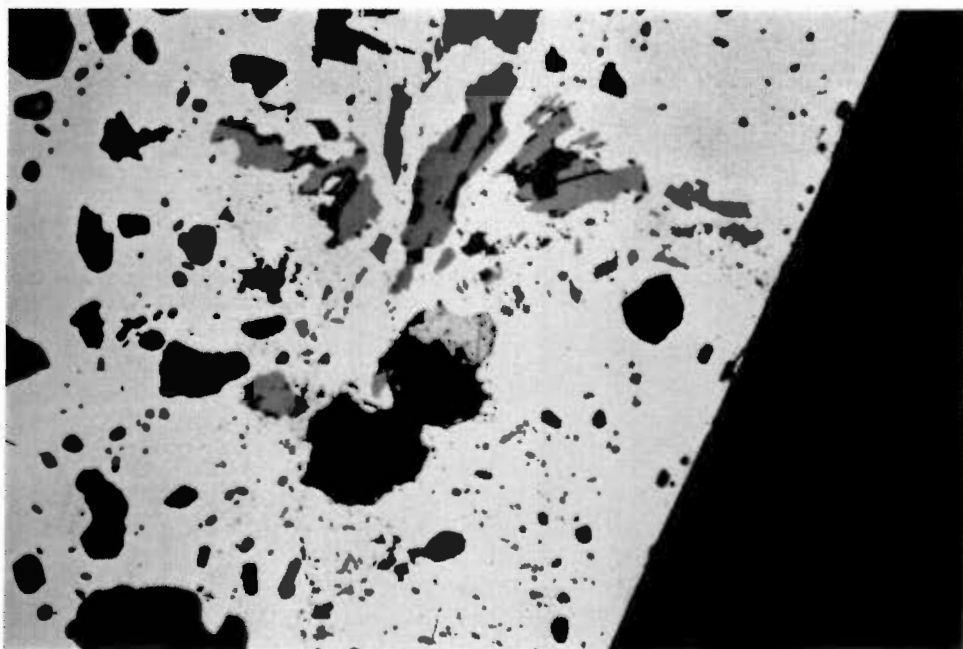
0 0,1mm

Figure : Grain d'or près de plages d'hématite incluses dans un pla-
7.6 gioclase [L.N., éch. N-7W-23].

sections euédriques en forme d'aiguilles ou de lamelles. Parfois, on distingue des traces d'ilménite, d'hématite, de leucoxène, de carbonate et d'épidote associés au rutil. L'ilménite primaire est rarement observée dans les éponges et dans la zone minéralisée; elle ne forme que des traces dans quelques échantillons.

L'hématite est présente en traces dans la majorité des échantillons étudiés (tableau 7.1). Les échantillons N-7E-22 et N-7W-23, prélevés dans la trondhjémite des éponges et de la zone minéralisée, sont ceux qui contiennent le plus d'hématite, soit 3 et 4% de la roche. Dans la zone minéralisée, l'hématite est sous forme de paillettes ou de plages microscopiques sur les plagioclases et en inclusions dans la pyrite (figs 7.6 et 7.7). Dans les éponges, les veinules millimétriques contiennent la majorité de l'hématite spéculaire de la roche.

La magnétite est aussi présente en traces dans la majorité des fragments de la zone minéralisée; cependant, ce minéral est légèrement plus abondant dans les fragments de diorite altérée où il forme jusqu'à 3% de la roche (éch. N-7E-16). La magnétite est en grains aphanitiques et anédriques, disséminés dans la gangue et en inclusions dans la pyrite. Localement, la magnétite est partiellement



0 0,1mm

Figure : Inclusions d'hématite, de chalcopyrite et de minéraux de gangue dans la pyrite [L.N., éch. N-7W-29].
7.7

martitisée et elle est alors associée à l'hématite.

La chalcopyrite a été observée dans 17 lames minces polies; en général, elle ne forme que des traces en inclusions ou dans les fractures de la pyrite (fig. 7.7). Cependant, la chalcopyrite peut composer de 3 à 4% de la roche sous forme de lambeaux millimétriques dans les veines de quartz. Par endroits, la chalcopyrite est liée à la galène; on observe cette association dans un échantillon provenant de la veine no 5 sur le niveau 7 est. Sur le même niveau, un échantillon prélevé dans les épontes contient quelques grains de molybdénite en amas millimétriques disséminés ou en veinules dans la trondhjémite.

Les assemblages minéralogiques reconnus dans les lames minces polies nous permettent de proposer une séquence paragéométrique. L'augmentation en pyrite et en rutile dans la zone minéralisée résulte de l'altération des minéraux ferro-titanifères (magnétite, hématite, et ilménite primaires) sous l'action des fluides hydrothermaux: le fer et le titane de ces minéraux précipitent respectivement sous forme de pyrite et de rutile (Ramdohr, 1980). La diminution en magnétite et en hématite dans la zone minéralisée par rapport aux épontes et la présence en quantité négligeable d'ilménite dans ces roches appuient cette hypothèse.

7.3 Caractéristiques des grains d'or

Les grains d'or présents dans les roches de la zone minéralisée et des épontes de la mine Elder sont facilement identifiables au microscope polarisant: 76 grains ont été observés dans 16 lames minces polies (tableau 7.2). Parmi les 76 grains d'or observés, 86,9% ont un diamètre inférieur à 0,032 millimètre; 47,4% des grains possèdent un diamètre inférieur à 0,011 millimètre et forment ainsi la classe granulométrique dominante (fig. 7.8).

On trouve 79% des grains d'or intimement liés à la pyrite: la majorité de ces grains y sont en inclusions. Les autres grains d'or sont dans les fractures et en bordure des grains de pyrite (figs 7.9 et 7.10). L'or en filaments microscopiques et les minéraux de la gangue cimentent entre eux les grains de pyrite très rapprochés. Au pourtour de la pyrite, l'or est parfois inséré dans les clivages de la chlorite ou collé à une auréole microscopique de carbonate. Dans ces cas, les grains d'or sont très petits (0,004 millimètre) et ils sont allongés perpendiculairement aux parois des grains de pyrite (fig. 7.11). Cette texture suggère une précipitation de l'or au contact de la chlorite ou des carbonates en bordure de la pyrite, celle-ci servant de noyau d'attraction pour les solutions aurifères.

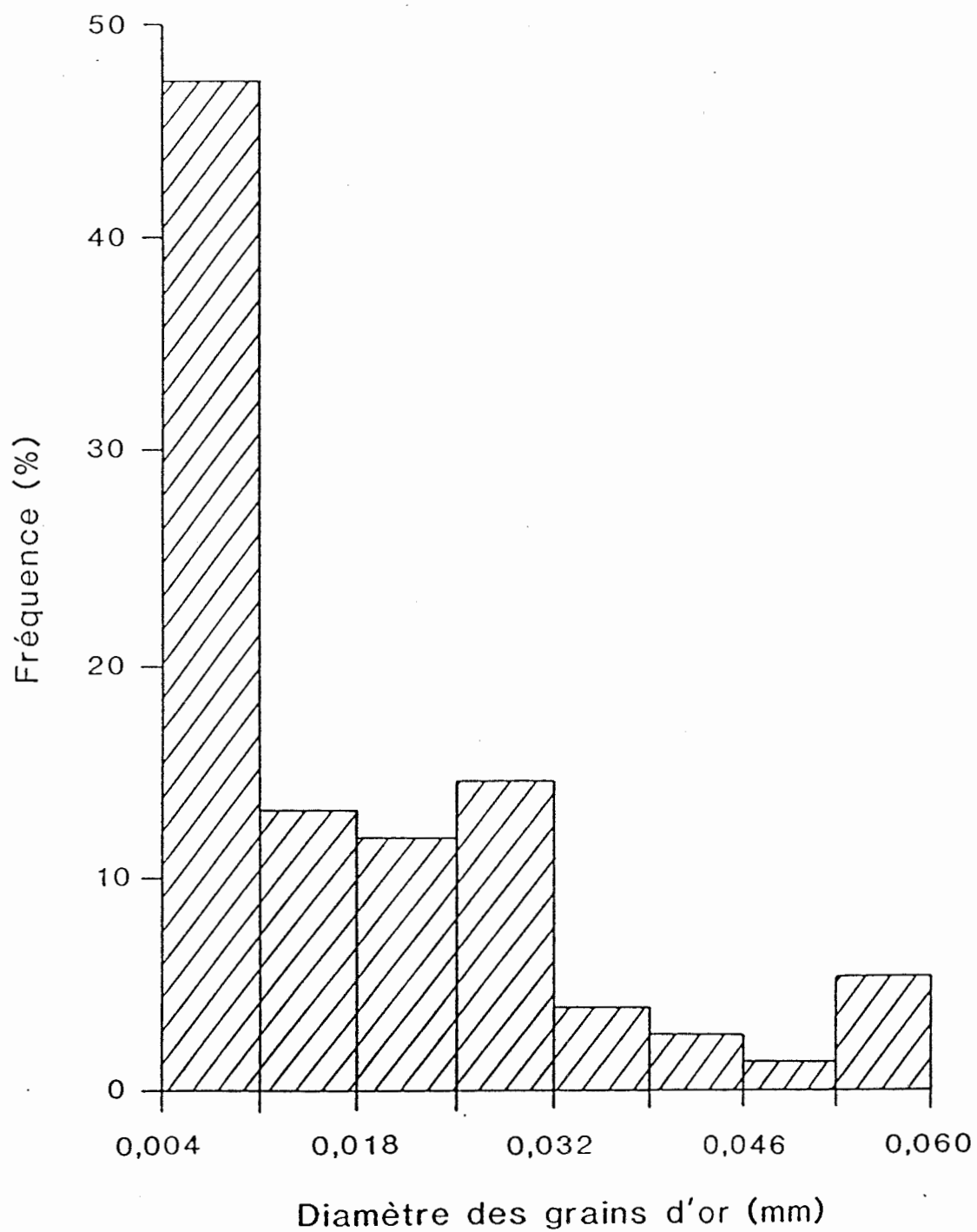
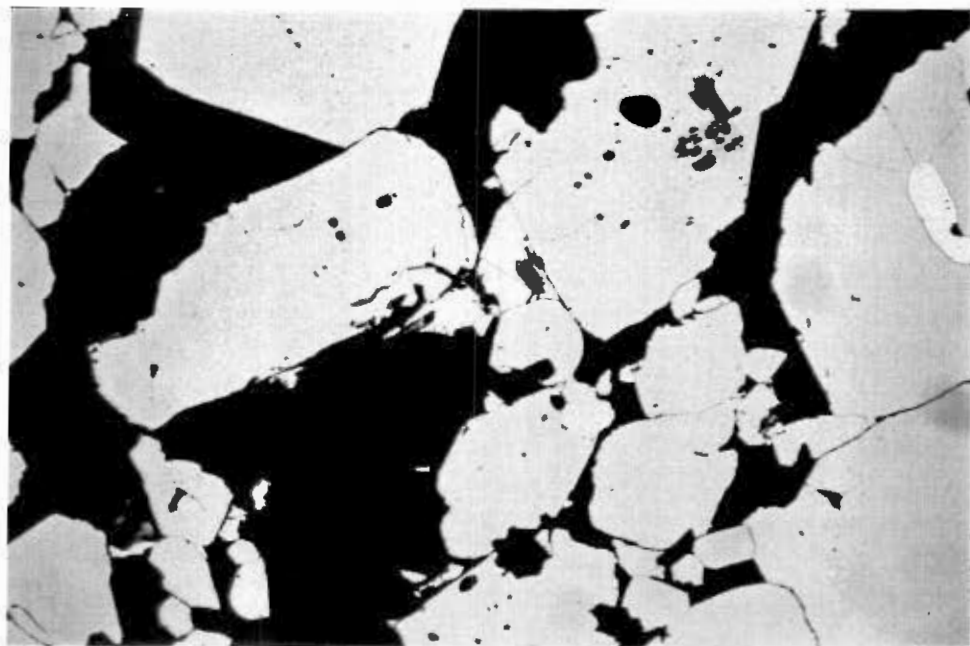


Figure 7.8 - Histogramme représentant la fréquence des grains d'or en fonction de leur diamètre.



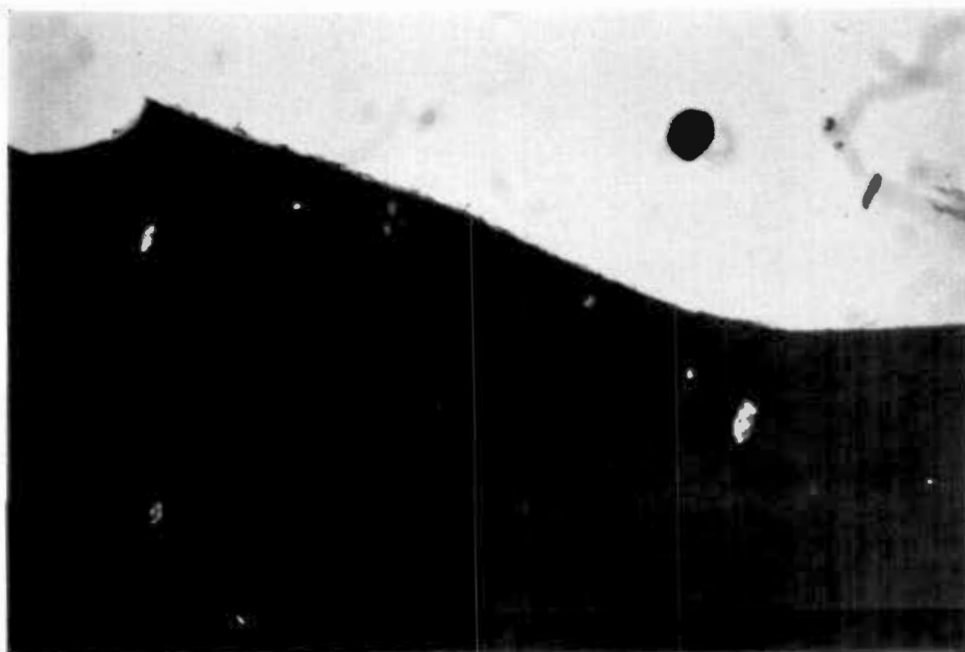
0 0,04mm

Figure : Grain d'or près d'un grain de pyrite euédrique non fracturé [L.N., éch. N-7E-25].
7.9



0 0,1mm

Figure : Plusieurs grains d'or en inclusion et entre les grains de pyrite [L.N., éch. N-7E-14].
7.10



0 0,02mm

Figure : Filaments d'or associé à la chlorite et au carbonate en bordure de la pyrite [L.N., éch. N-7E-21].
7.11

CHAPITRE 8

GEOCHIMIE ET ALTERATION

8.1 Introduction

Ce chapitre concerne la variation des éléments majeurs, traces et des terres rares dans les roches encaissantes, les épontes et la zone minéralisée de la mine Elder. Les variations géochimiques de même que les gains et les pertes des divers éléments dans la zone minéralisée par rapport aux roches encaissantes seront examinés en détail. Cette approche permettra de définir l'altération géochimique liée à la zone minéralisée en relation avec les changements pétrographiques établis dans le chapitre précédent. Les différences qui pourraient exister au niveau de l'altération des veines nos 1, 3 et 5 seront vérifiées. De plus, la distribution de l'or dans les roches encaissantes de la mine Elder sera comparée à celles des roches stériles du batholite de Flavrian.

Les analyses nécessaires à la réalisation de cette étude ont été effectuées au laboratoire de géochimie analytique de l'École Polytechnique de Montréal. Les 36 éléments traces et des terres rares analysés par activation

neutronique instrumentale (AANI) ou par absorption atomique proviennent de 10 échantillons prélevés sur le niveau 7 de la mine Elder, dont cinq de la zone minéralisée et cinq des roches encaissantes. Sur le niveau 12, 100 échantillons provenant des roches encaissantes et des épontes ont été analysés par la méthode AANI pour les éléments Au, As, Sb et W, et 15 autres échantillons ont été analysés pour les éléments majeurs. Parmi ces 15 derniers échantillons, 10 ont été prélevés dans les roches encaissantes et dans les épontes, et cinq dans la zone minéralisée. Les échantillons sont localisés sur la carte 2 et les résultats de ces analyses sont présentés en annexe.

Les seuils de fiabilité par la méthode AANI sont 15 ppb Au, 1,0 ppm As, 0,1 ppm Sb et 3 ppm W (Perrault, 1987). Dans les annexes 3 et 4, les teneurs précédées par le signe inférieur (<) ou en-dessous du seuil de fiabilité indiquent des valeurs semi-quantitatives. De 896 échantillons prélevés dans la région de Val d'Or, Perrault (1987) a déterminé la précision des analyses d'or par la méthode AANI; pour les intervalles de 15 à 150 ppb, de 150 à 1 500 ppb et de 1 500 ppb et plus, il a trouvé les écarts-types respectifs suivants: 10, 50 et 100 ppb.

8.2 Roches encaissantes

Pour faciliter l'interprétation des données, tous les échantillons prélevés pour les analyses des éléments majeurs ont été pris dans un seul type de roche: la trondhjémite. La composition chimique moyenne des roches encaissantes (roches "fraîches") est obtenue des échantillons TM-12-66 et TT-12-110 situés à 77,5 mètres (du côté du mur) et à 23 mètres (du côté du toit) de la zone minéralisée (carte 2). Les concentrations en SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , FeO , Fe_2O_3 et en CaO sont respectivement de 76,33%, 11,68%, 5,71%, 2,02%, 1,35% et 1,07%. Les autres oxydes et le soufre composent individuellement moins de 1% de la roche (tableau 8.1).

Nous croyons que ces échantillons de trondhjémite sont représentatifs de la roche fraîche, puisque les compositions chimiques de ces roches sont similaires à celles du batholite de Flavrian telles que déterminées par Goldie (1976) et par Méthot (1987). Néanmoins, les concentrations en SiO_2 , Na_2O , FeO et en Fe_2O_3 de la trondhjémite près de la mine Elder sont légèrement plus élevées que celles de l'ensemble du batholite, alors que les concentrations en CaO sont légèrement plus faibles (tableau 8.1).

TABLEAU 8.1
 GAINS ET PERTES DES ELEMENTS MAJEURS
 DE LA TRONDHJEMITE DE LA ZONE MINERALISEE
 PAR RAPPORT A LA TRONDHJEMITE
 DES ROCHES ENCAISSANTES.

OXYDES	ROCHES ENCAISSANTES		ZONE MINERALISEE (c)	GAINS OU PERTES	
	BATHOLITE (a)	ELDER (b)		ABSOLUS	%
SiO ₂	74,07	76,33	65,74	-10,59	-14
TiO ₂	0,38	0,22	0,45	+0,23	+105
Al ₂ O ₃	12,45	11,68	8,69	-2,99	-26
CaO	2,05	1,07	4,75	+3,68	+344
K ₂ O	0,80	0,23	0,14	-0,09	-39
Na ₂ O	4,70	5,71	4,84	-0,87	-15
MgO	0,59	0,31	2,09	+1,78	+574
FeO	0,00	2,02	1,92	-0,10	-5
Fe ₂ O ₃	0,00	1,35	2,89	+1,54	+114
S	0,04	0,015	1,45	+1,44	+9567
P ₂ O ₅	0,15	0,02	0,19	+0,17	+850
CO ₂	0,31	0,47	6,93	+6,46	+1375
H ₂ O	0,81	0,60	0,11	-0,49	-82
MnO	0,05	0,05	0,13	+0,08	+160

- (a) : Moyenne de 64 échantillons (Méthot, 1987)
 (b) : Moyenne de TM-12-66 et TT-12-110
 (c) : Moyenne des échantillons N-12E-146 et 147,
 et N-12W-148, 149 et 150

Ces différences de composition chimique peuvent s'expliquer par l'hétérogénéité de la trondhémite à l'intérieur du batholite ou par une faible altération des roches encaissantes à proximité de la zone minéralisée.

Les cinq échantillons prélevés pour l'analyse des éléments traces et des terres rares des roches encaissantes proviennent de la trondhémite ou de la tonalite. Quelle que soit la nature de la roche, les concentrations de ces éléments sont relativement constantes. Cependant, les concentrations en Ag et en Cu sont légèrement plus élevées dans la trondhémite que dans la tonalite; la relation inverse est observée pour le Sc et le Mn (annexe 3). En comparant nos résultats à ceux de Paradis (1984), nous constatons que les concentrations en éléments traces et des terres rares de la trondhémite fraîche de la mine Elder correspondent à celles de la trondhémite de l'ensemble du batholite de Flavrian.

Quatre-vingt quinze échantillons des roches encaissantes ont été analysés pour l'or, l'arsenic, l'antimoine et le tungstène (annexes 3 et 4). Seulement cinq échantillons ont donné des teneurs supérieures à 15 ppb Au. Ces derniers proviennent de zones fracturées variablement hématitisées et contenant des veinules de quartz, carbonate,

chlorite et pyrite. Quatre des cinq échantillons possèdent des teneurs entre 15 et 65 ppb Au; ces variations ne sont pas indicatrices de zones minéralisées importantes: elles semblent être normales dans les roches encaissantes près de la mine Elder. Par contre, la teneur de 1,59 ppm Au obtenue de l'échantillon TM-12-58 indique une zone minéralisée secondaire très altérée et accompagnée d'un faible enrichissement en Sb et W. Sabourin (1986) a obtenu des résultats similaires aux nôtres en échantillonnant l'ensemble du batholite de Flavrian; seulement 16 des 146 échantillons qu'il a prélevés ont donné des valeurs supérieures à 15 ppb Au.

Pour la grande majorité des échantillons analysés pour l'arsenic, l'antimoine et le tungstène, les teneurs sont semi-quantitatives ou en-dessous des seuils de détectabilité alors que les teneurs maximales sont <4 ppm As, 0,4 ppm Sb et 21 ppm W. Les teneurs anormales en Au, As, Sb et W ne se rencontrent pas nécessairement au même lieu d'échantillonnage.

8.3 Épontes et zone minéralisée

8.3.1 Éléments majeurs

La zone minéralisée est bordée par un halo d'altération consistant en une variation des concentrations des éléments majeurs par rapport aux roches encaissantes. Du côté du mur, l'épaisseur du halo est d'environ 27,8 mètres alors que du côté du toit elle est inférieure à 22,9 mètres (fig. 8.1).

L'intensité de l'altération des épontes est fonction de la distance de la zone minéralisée. Dans les trois mètres en bordure de celle-ci, les concentrations en CaO , CO_2 , MgO , FeO et MnO sont semblables à celles observées dans les roches encaissantes. Par contre, à 7,6 mètres de la zone minéralisée, au lieu d'échantillonnage TM-12-50, la concentration de ces oxydes augmente brusquement de même que les teneurs en H_2O , TiO_2 et en P_2O_5 (fig. 8.1). Ces variations correspondent à la forte altération en carbonate et en chlorite des épontes à cet endroit. Les concentrations en Al_2O_3 , Na_2O et Fe_2O_3 évoluent parallèlement: l'enrichissement est maximal à environ trois mètres de part et d'autre de la zone minéralisée. Ces augmentations correspondent à une albitisation et une

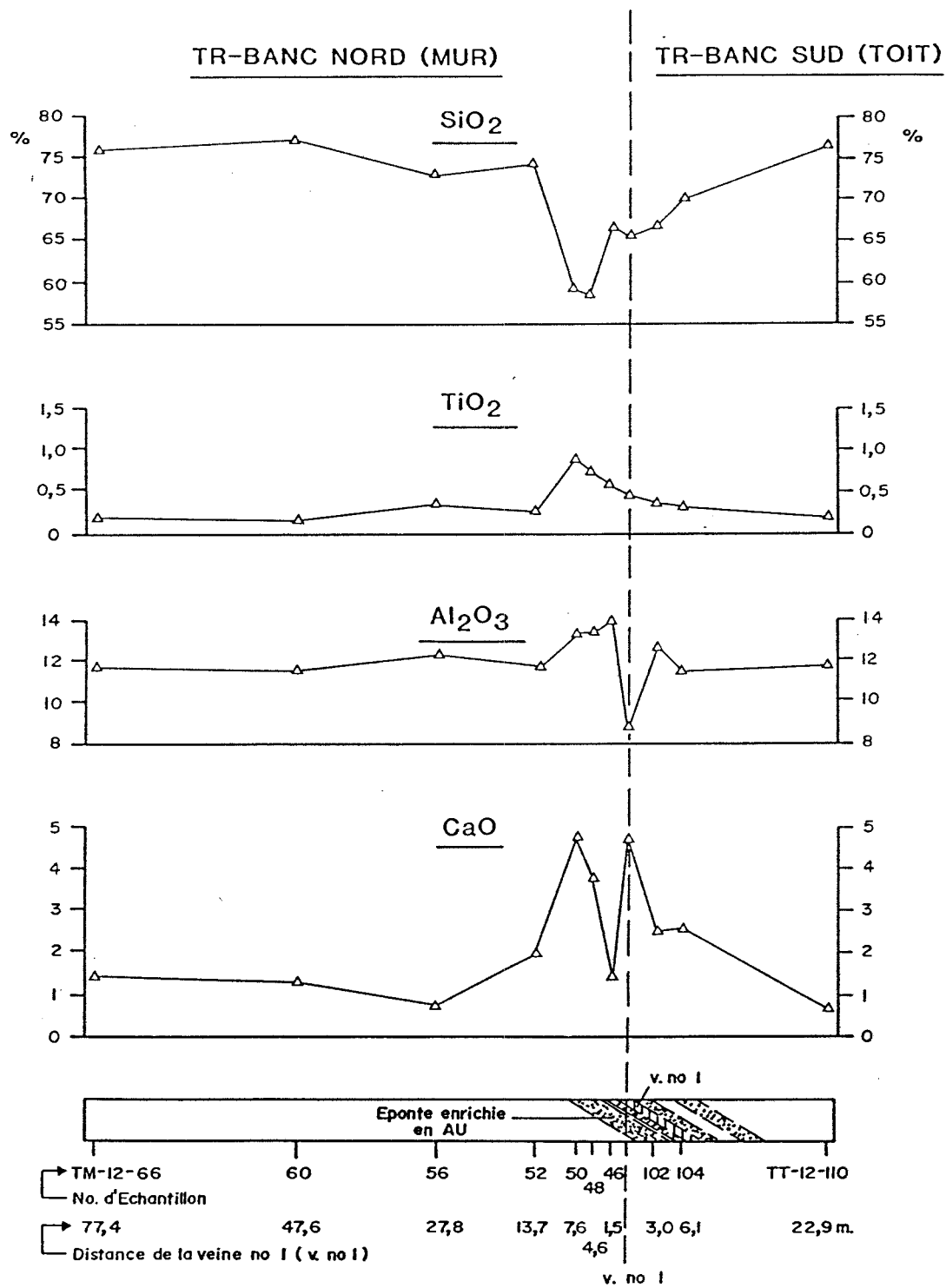


Figure 8.1 - Profil des éléments majeurs à travers la zone minéralisée (veine no. 1) au niveau 12.

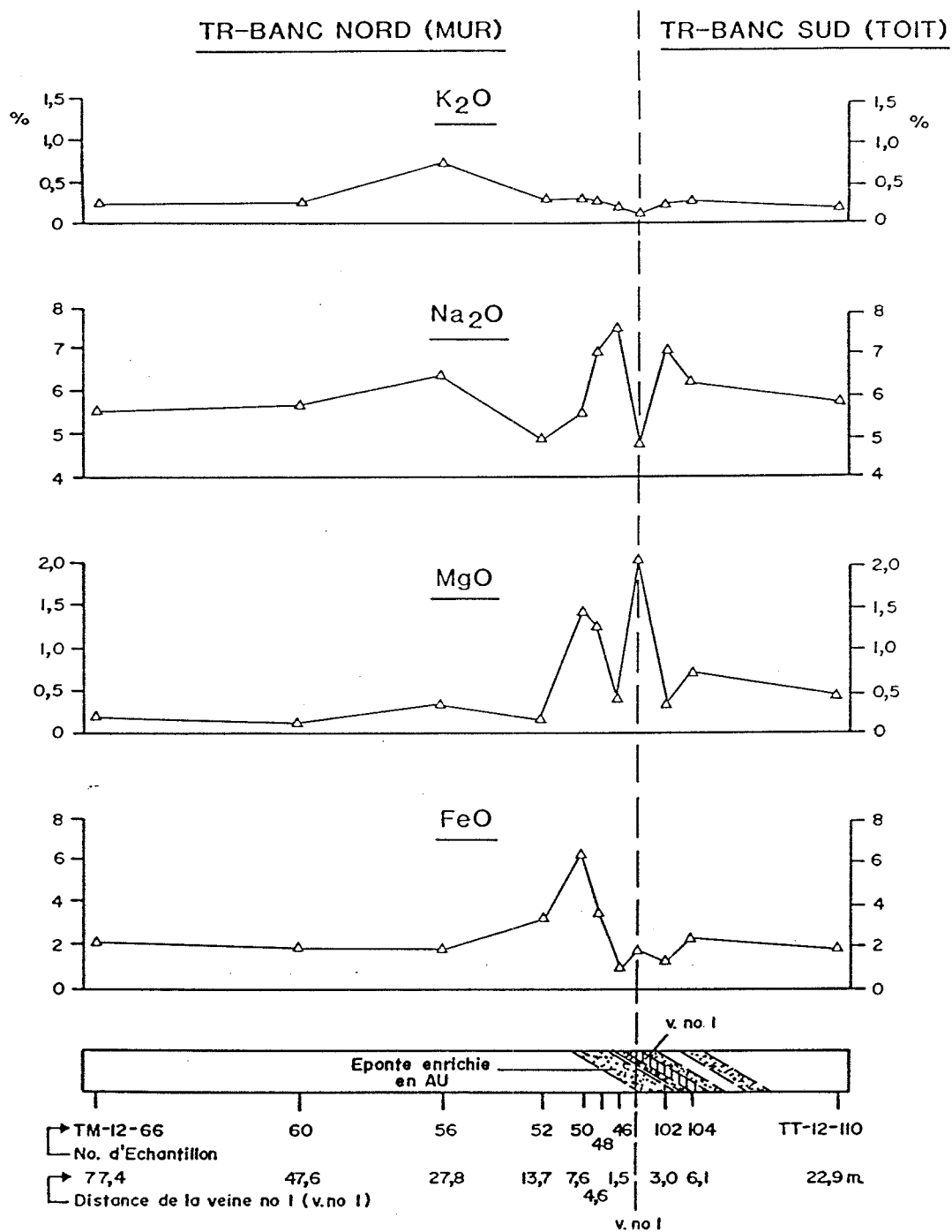


Figure 8.1 - Profil des éléments majeurs à travers la zone minéralisée (veine no 1) au niveau 12. (suite 1)

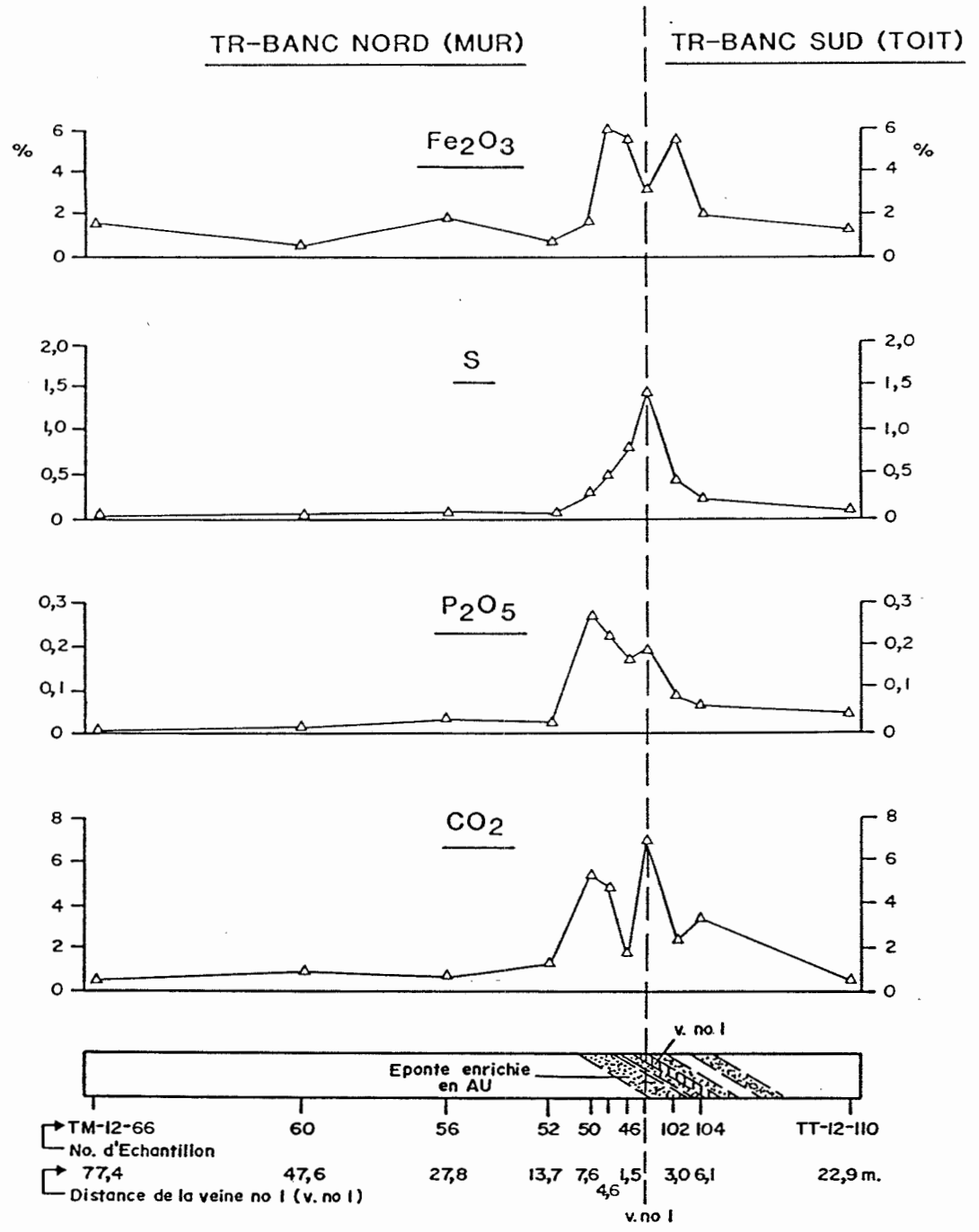


Figure 8.1 - Profil des éléments majeurs à travers la zone minéralisée (veine no 1) au niveau 12. (suite 2)

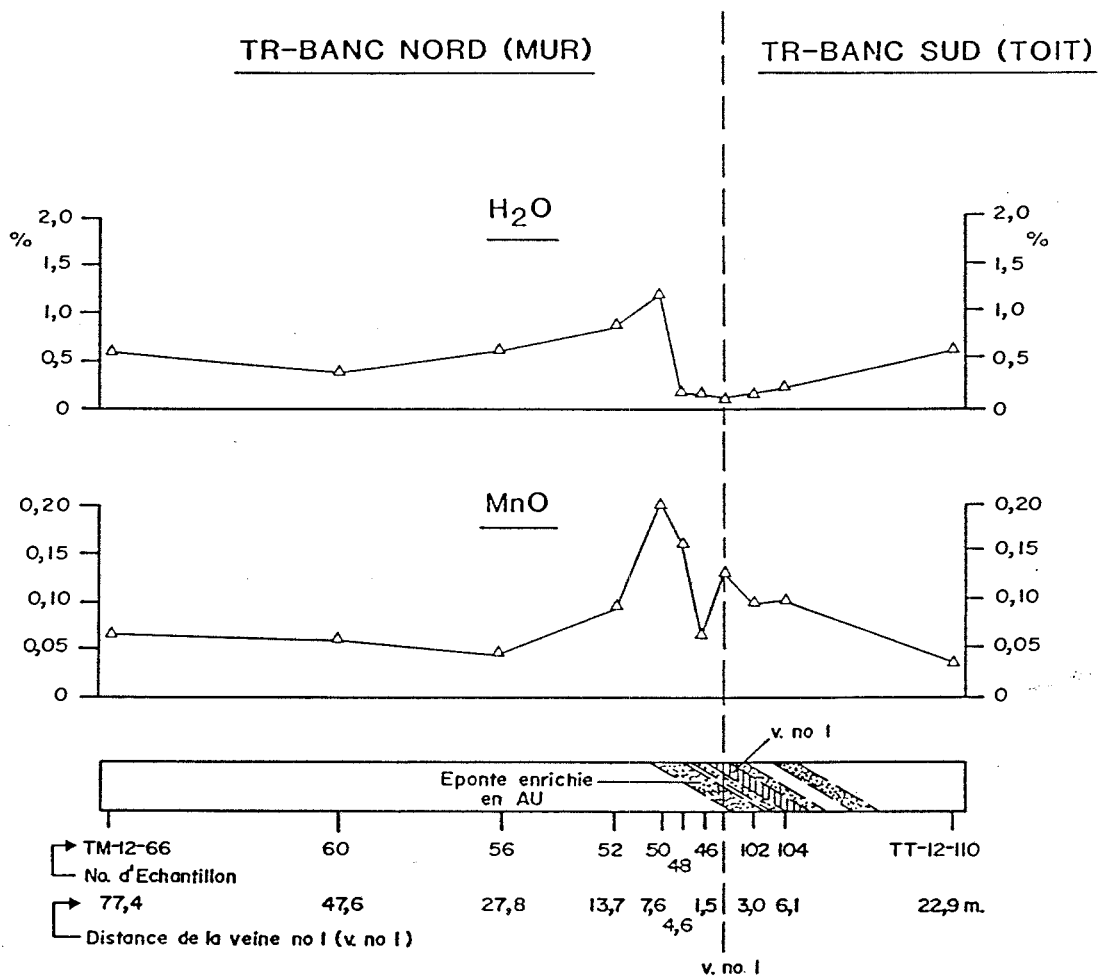


Figure 8.1 - Profil des éléments majeurs à travers la zone minéralisée (veine no 1) au niveau 12. (suite 3 et fin)

hématitisation des roches encaissantes (fig. 8.1).

La trondhjémite a subi une diminution importante en SiO_2 en bordure de la zone minéralisée. A 4,6 mètres dans les épontes inférieures, la teneur en SiO_2 atteint 58,61%. Minéralogiquement, ce phénomène est observé par une diminution de la quantité de quartz dans les épontes.

Le profil du K_2O ne montre pas de variation significative en s'approchant de la zone minéralisée; on observe, cependant, une légère hausse du K_2O près du dyke d'aplite au site d'échantillonnage TM-12-56. Dans la zone minéralisée, la perte en K_2O coïncide avec la disparition presque complète de la séricite dans la roche (fig. 8.2).

L'enrichissement en soufre dans les épontes s'est effectué d'une façon presque symétrique, sur une distance d'environ 10 mètres de part et d'autre de la zone minéralisée. Cette augmentation est proportionnelle au degré de pyritisation graduelle des épontes. Comparativement à la roche fraîche qui contient 0,04% de S, les fragments de la zone minéralisée en contiennent 1,45%.

La figure 8.2 montre les pourcentages des gains et des pertes des éléments majeurs composant les fragments de la

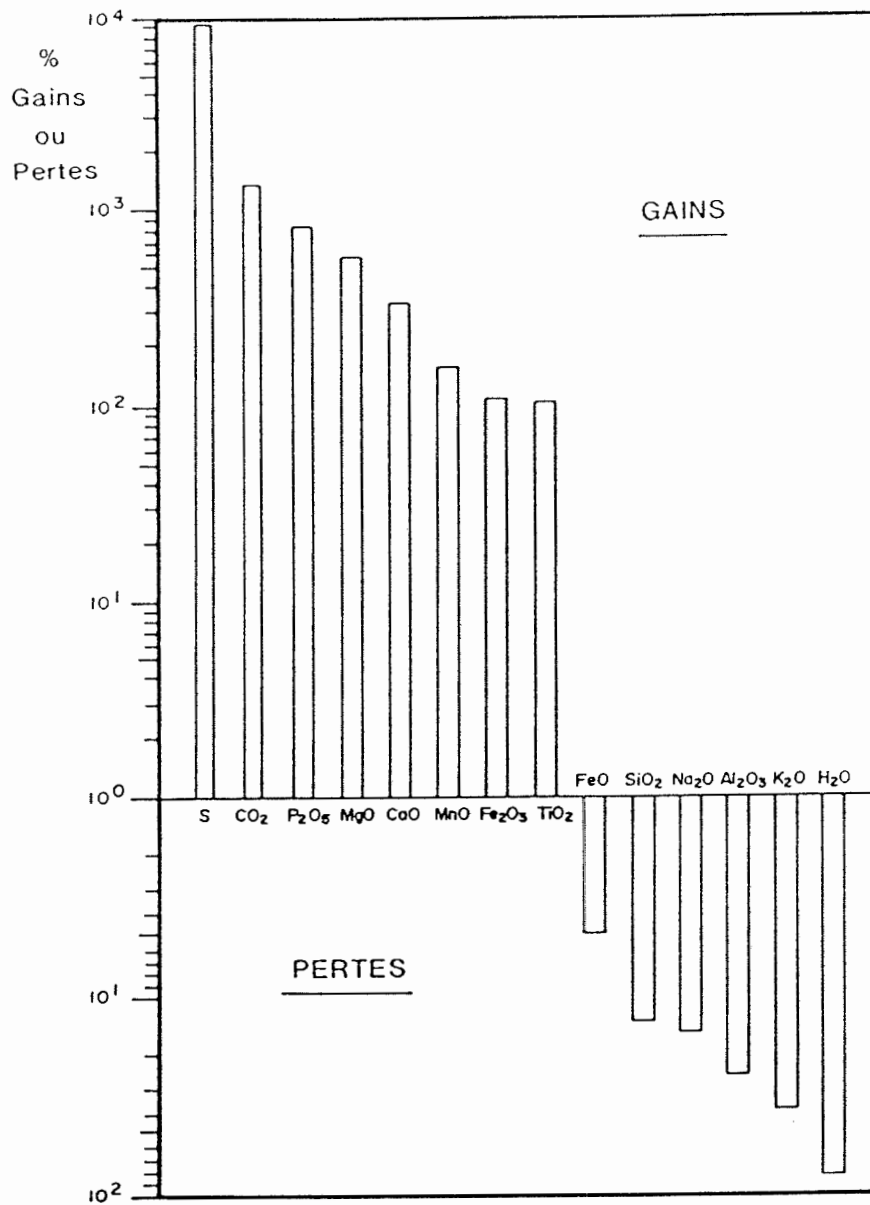


Figure 8.2 - Pourcentages des gains ou des pertes des éléments majeurs de la zone minéralisée par rapport aux roches encaissantes.

zone minéralisée par rapport à ceux de la trondhjémite des roches encaissantes. L'enrichissement en S et en CO_2 est très élevé: ces constituants ont des gains respectifs de 9 567% et de 1 375%. Le soufre s'est lié au fer ferreux de la chlorite et de la magnétite pour précipiter sous forme de pyrite, alors que le CO_2 s'est combiné aux oxydes CaO , MgO et FeO des plagioclases, de la chlorite et de l'épidote pour former les carbonates (calcite et ankérite). Le MnO et le P_2O_5 peuvent être liés respectivement aux carbonates et à l'apatite.

Les fragments de la zone minéralisée prélevés aux sites d'échantillonnage N-12E-148, N-12W-149 et 150, à proximité du dyke "basique", sont plus riches en CO_2 , CaO , MgO , FeO , MnO et en TiO_2 que ceux (échs N-12E-146 et 147) provenant de la trondhjémite en l'absence de ce dyke (annexe 2).

L'appauvrissement en SiO_2 et en H_2O dans les épontes et dans les fragments de la zone minéralisée témoigne de la désilicification et de la diminution de la chlorite dans la roche (fig. 8.1). La diminution en SiO_2 est le résultat de la migration de la silice vers l'extérieur de la roche-hôte pour ainsi former la matrice siliceuse de la zone minéralisée. Le taux moyen de SiO_2

dans les fragments de la zone minéralisée par rapport à la trondhjemite de la roche fraîche est de 65,74% comparativement à 76,33%; cette diminution en silice correspond à une perte de 14% (fig. 8.2).

Les pertes en Na_2O et en Al_2O_3 dans les fragments de la zone minéralisée sont le résultat du remplacement des plagioclases (albite) par les carbonates. En faisant abstraction des veinules de carbonate traversant les fragments de roche, les analyses pétrographiques indiquent autant de plagioclase dans les roches de la zone minéralisée que dans les épontes. On peut conclure que les pertes en Na_2O et en Al_2O_3 dans la zone minéralisée résultent plutôt de la dilution causée par la forte carbonatation.

En résumé, la distribution des éléments majeurs et les résultats des analyses pétrographiques indiquent que, lors du processus d'altération hydrothermale, les roches de la zone minéralisée ont été fortement carbonatisées et pyritisées, légèrement enrichies en hématite et en rutile, et faiblement appauvries en séricite et en chlorite. Ce processus a provoqué une désilicification des roches encaissantes et une migration du SiO_2 pour former la matrice siliceuse contenant les fragments minéralisés en or.

Contrairement aux fragments de la zone minéralisée qui sont appauvris en Na_2O et en Al_2O_3 , les épontes sont fortement albitisées et enrichies en ces oxydes. Les fluides hydrothermaux ont altéré plus profondément et plus intensément les épontes inférieures que les épontes supérieures. Le patron d'altération à la mine Elder n'est pas unique puisque le même type d'altération géochimique a été observé à la mine d'or Eldrich, du côté ouest du batholite de Flavrian (Méhot, 1987).

8.3.2 Éléments traces et des terres rares

Parmi les quatre éléments traces analysés dans les roches encaissantes, l'or est le seul à présenter une augmentation appréciable des teneurs dans les épontes. Celles-ci sont variablement enrichies en Au sur une distance d'environ huit mètres de chaque côté de la zone minéralisée. Dans cet intervalle, les teneurs en Au les plus élevées sont de 1 160 ppb du côté du toit et de 827 ppb du côté du mur. Les épontes sont formées d'une auréole externe fortement enrichie en Au et d'une bande à teneur normale, au contact de la zone minéralisée (fig. 8.3). L'auréole externe coïncide avec une zone fortement carbonatisée et albitisée. Les trois autres éléments As, Sb et W ne montrent que des variations minimales. Les épontes

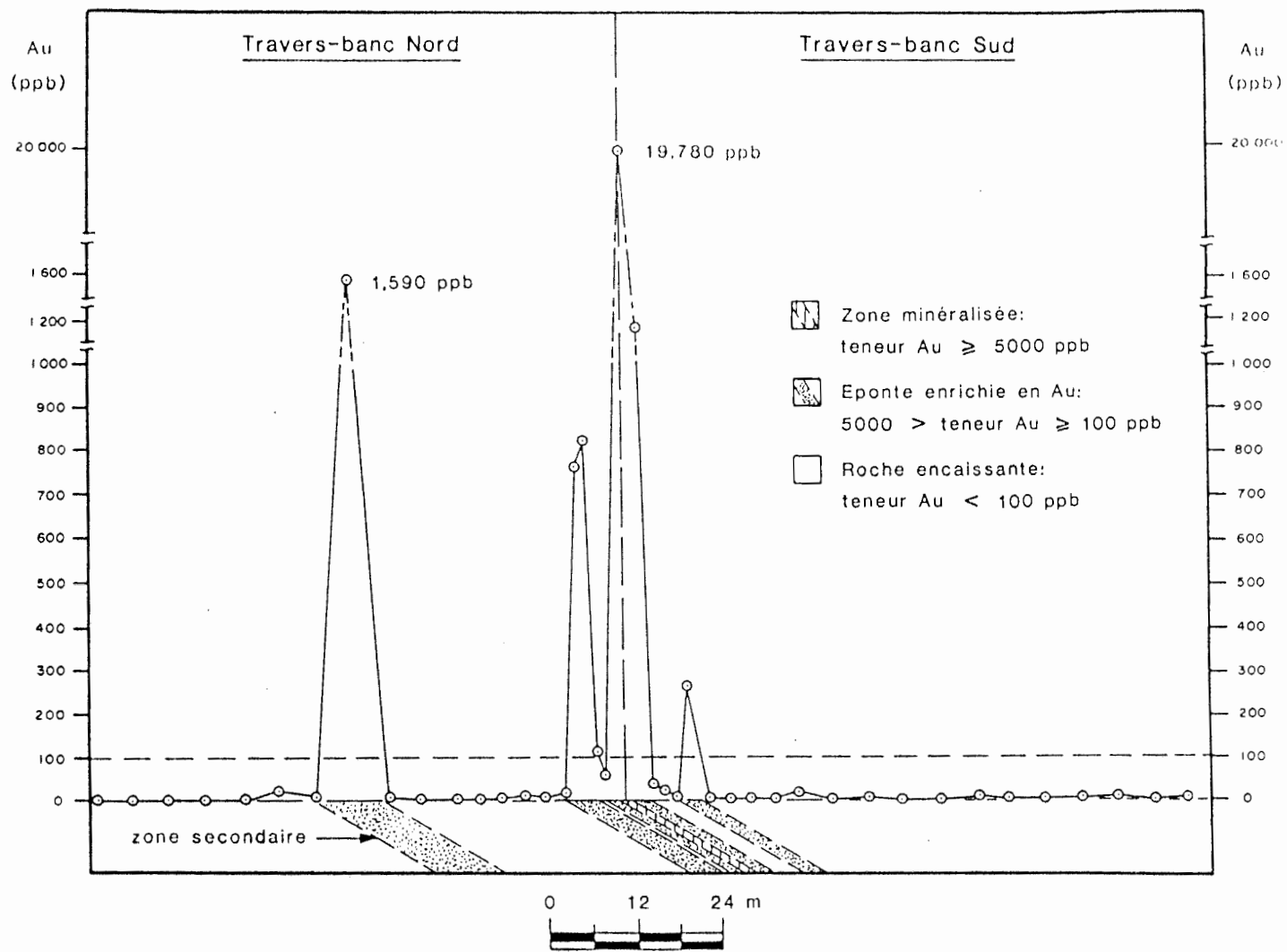


Figure 8.3 - Profil de la teneur en Au à travers la zone minéralisée au niveau 12.

inférieures sont très faiblement enrichies en As: les teneurs les plus élevées sont égales à 1,7 ppm. Dans la zone minéralisée, le faible enrichissement en As et en Sb pourrait correspondre à la présence en traces d'arsénopyrite non observée au microscope (figs 8.4 et 8.5).

La figure 8.6 et le tableau 8.2 montrent l'enrichissement en éléments traces et des terres rares des fragments de la zone minéralisée par rapport aux roches encaissantes. Trois des cinq échantillons de la zone minéralisée proviennent de la veine no 1, et les deux autres des veines nos 3 et 5. Pour 34 des 36 éléments, l'enrichissement a été calculé en considérant la teneur moyenne de cinq échantillons des roches encaissantes, et pour les deux autres éléments (Au et As), l'enrichissement a été calculé à partir du bruit de fond du batholite de Flavrian. Sabourin (1986) a déterminé des valeurs du bruit de fond de 0,8 ppb Au et de 1 ppm As pour l'ensemble du batholite.

Parmi les 36 éléments traces et des terres rares analysés, l'or est le seul élément à montrer un facteur d'enrichissement marqué, soit de 24 725. Ce facteur est très élevé par rapport aux autres mines d'or de l'Abitibi dont l'enrichissement est généralement de 10 000 fois (Kerrich, 1983). Cette différence d'enrichissement peut

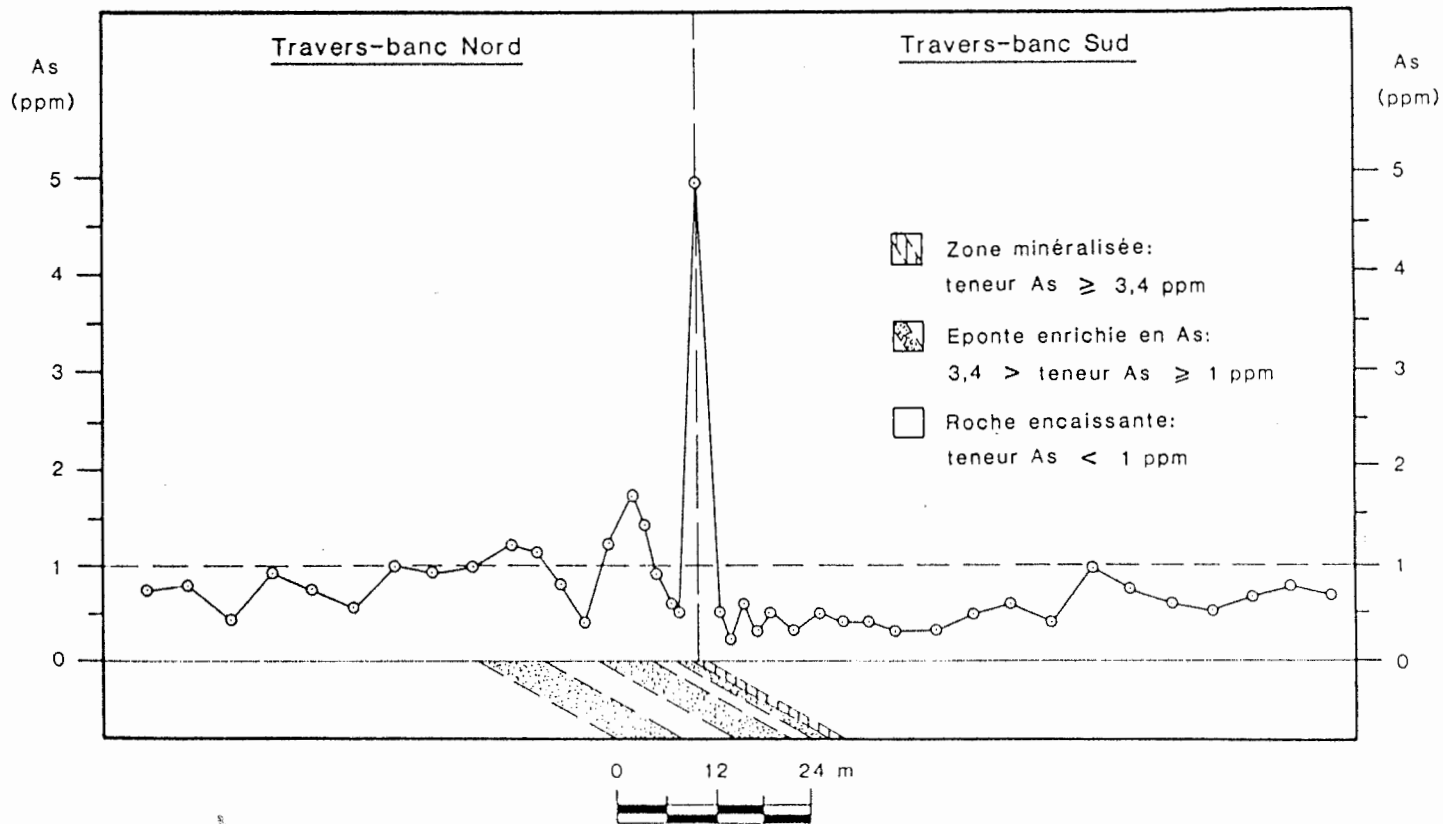


Figure 8.4 - Profil de la teneur en As à travers la zone minéralisée au niveau 12.

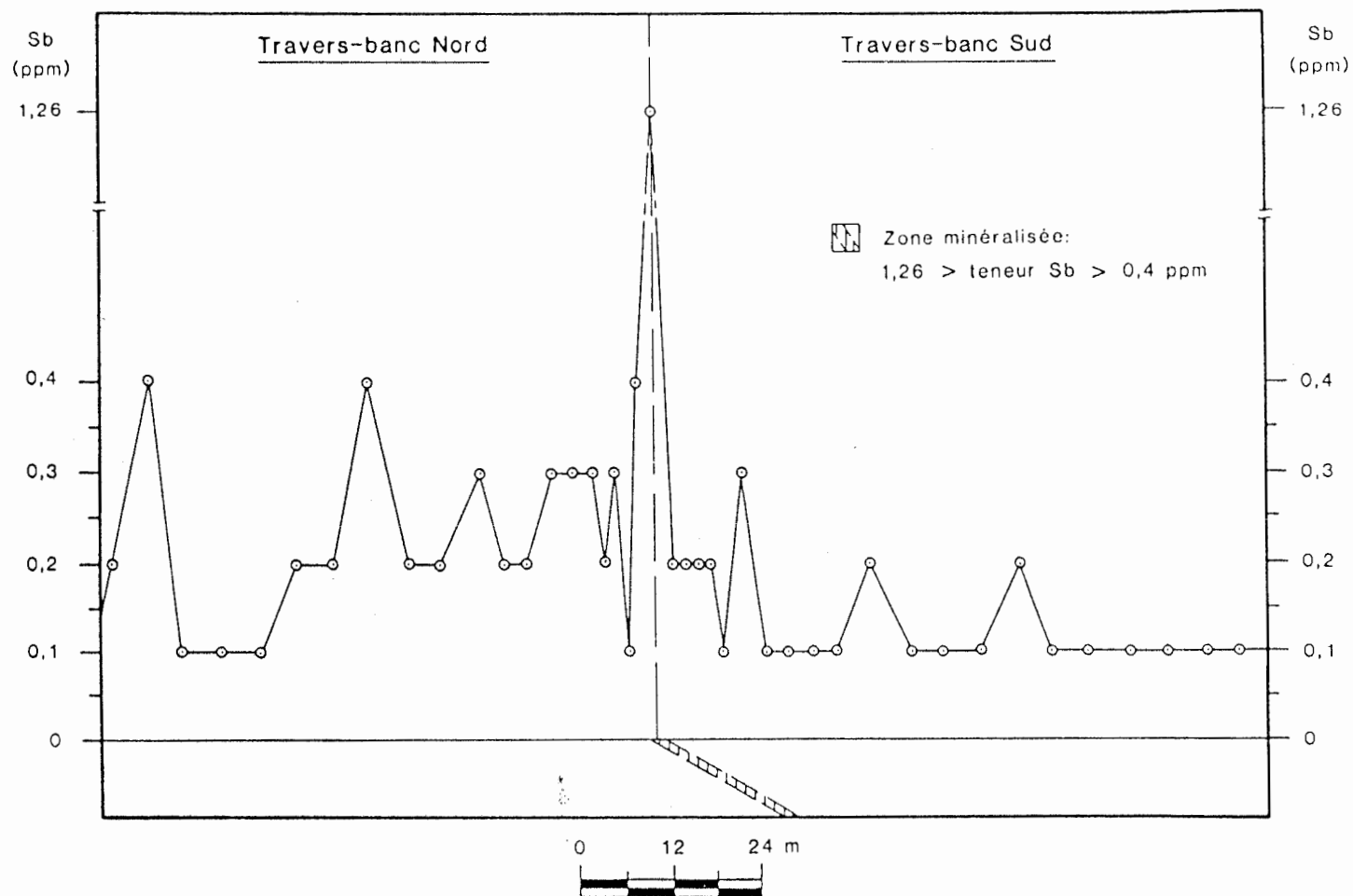


Figure 8.5 - Profil de la teneur en Sb à travers la zone minéralisée au niveau 12.

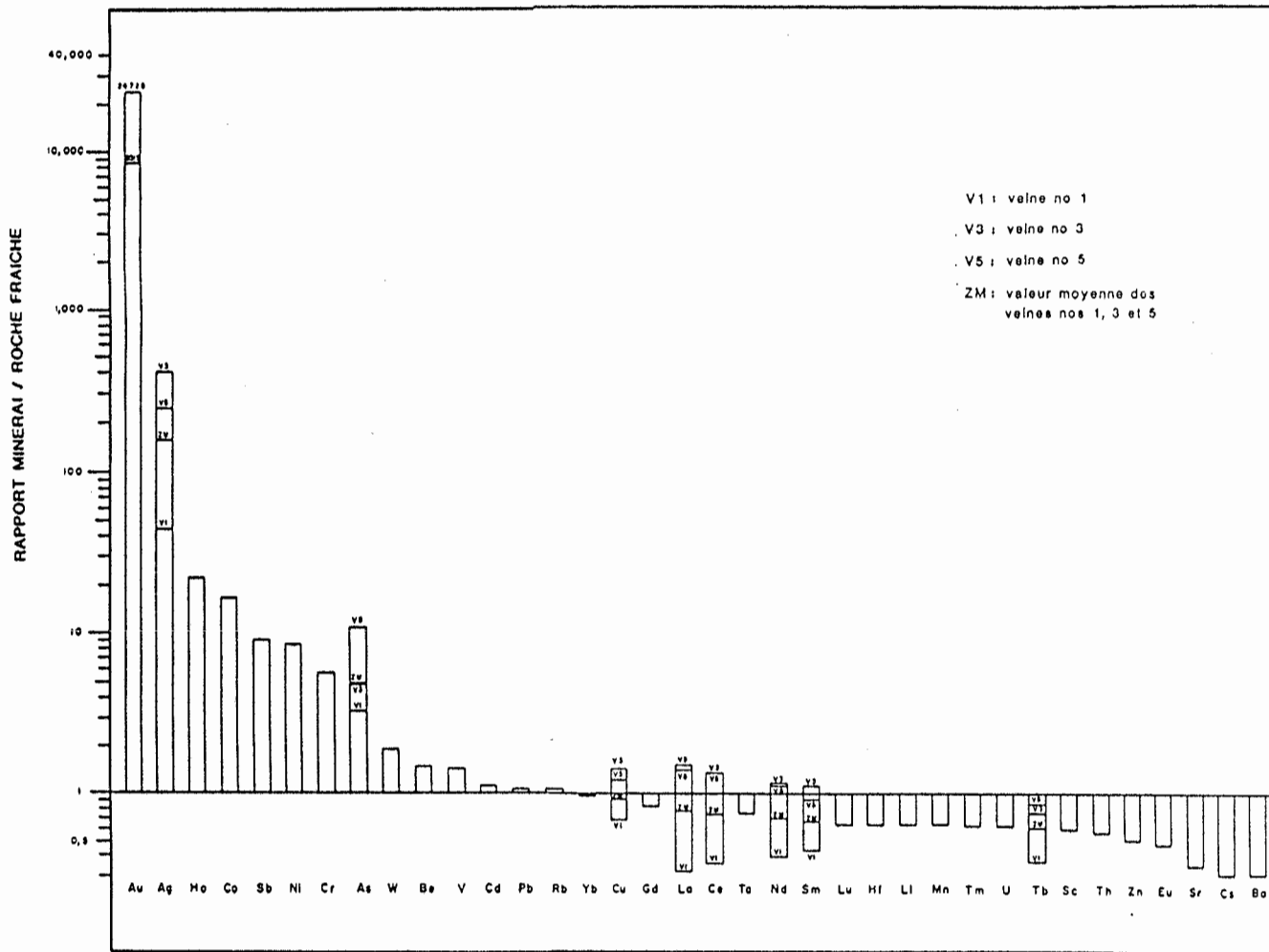


Figure 8.6- Diagramme d'enrichissement des éléments traces et des terres rares de la zone minéralisée par rapport aux roches encaissantes.

TABLEAU 8.2

FACTEUR D'ENRICHISSEMENT EN ELEMENTS TRACES ET EN
TERRES RARES DE LA ZONE MINERALISEE PAR RAPPORT AUX
ROCHES ENCAISSANTES AU NIVEAU 7*.

ELEMENTS	MOYENNE V1+V3+V5	V1	V3	V5
Au **	24 725			
Au	8 313			
Ag	156,0	44	403	206
Ho	22,1			
Co	16,9			
Sb	9,00			
Ni	8,60			
Cr	5,78			
As	4,90	3,30	4,80	10,8
W	1,90			
Be	1,47			
V	1,41			
Cd	1,10			
Pb	1,04			
Rb	1,04			
Yb	0,98			
Cu	0,92	0,67	1,40	1,20
Gd	0,82			
La	0,77	0,33	1,49	1,38
Ce	0,74	0,35	1,31	1,31
T	0,74			
Nd	0,68	0,39	1,14	1,09
Sm	0,66	0,43	1,10	0,90
Lu	0,63			
Hf	0,63			
Li	0,63			
Mn	0,63			
Tm	0,62			
U	0,61			
Tb	0,60	0,36	0,75	0,85
Sc	0,59			
Th	0,56			
Zn	0,50			
Eu	0,47			
Sr	0,34			
Cs	0,30			
Ba	0,30			

* : La zone mineralisée comprend les veines
nos 1, 3 et 5

** : Facteur d'enrichissement maximal

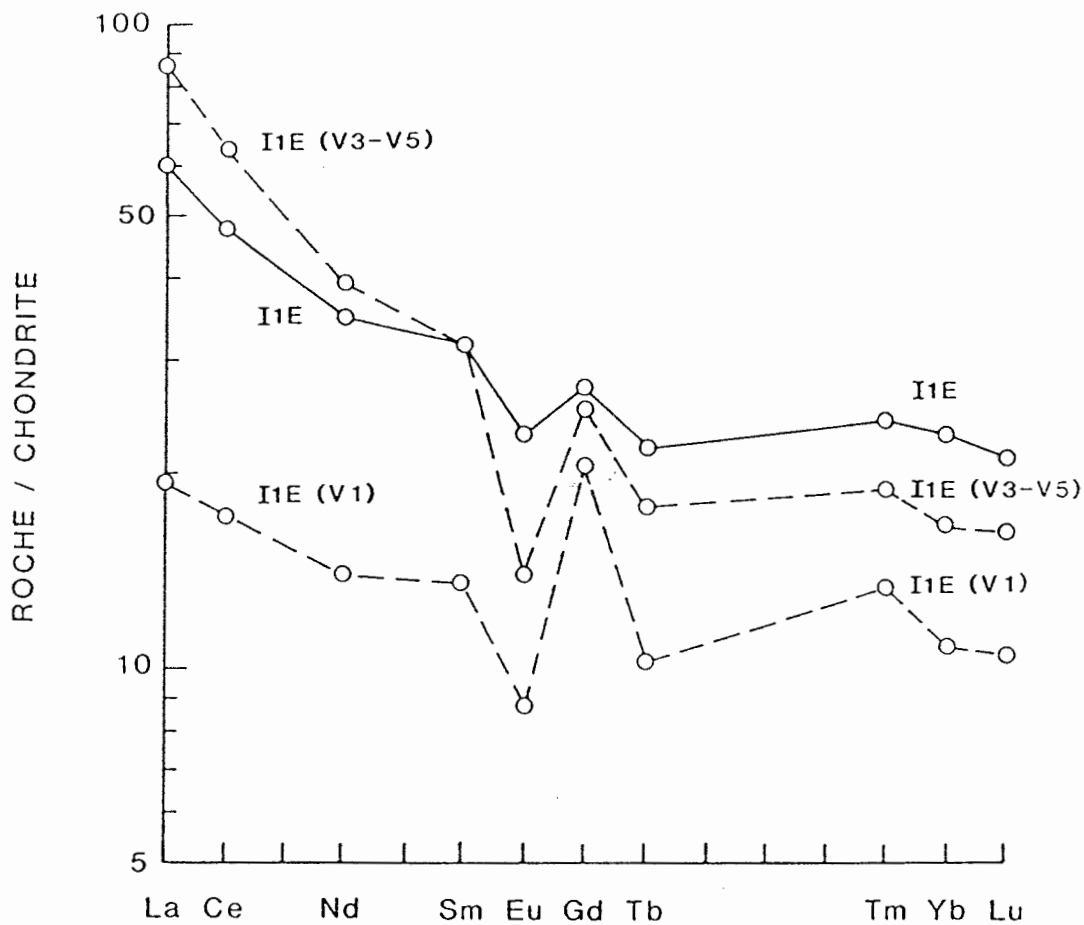
s'expliquer par une sélection des échantillons à des sites très riches en or avec des teneurs atteignant 32,7 g/t Au. En calculant le facteur d'enrichissement avec la teneur moyenne de la zone minéralisée (6,65 g/t Au), on obtient une valeur de 8 313; ce facteur est similaire au facteur d'enrichissement régional. On considère donc que le facteur 24 725 représente l'enrichissement maximal.

Outre l'or, les éléments enrichis sont les suivants: Ag, Ho, Co, Sb, Ni, Cr, As, W, Be, V, Cd, Pb et Rb. Parmi ceux-ci, l'argent est le seul élément à montrer un facteur d'enrichissement appréciable, égal à 156, alors que les autres éléments indiquent des facteurs moindres que 22,1 (fig. 8.6). Pour les éléments Ag, As, Cu, La, Ce, Nd, Sm et Tb, on remarque des différences de teneur entre les veines nos 1, 3 et 5. Les facteurs d'enrichissement de ces éléments sont toujours plus élevés dans les veines nos 3 et 5 que dans la veine no 1. Ce sont l'argent et l'arsenic qui montrent le plus de différence: ces deux éléments indiquent, respectivement, des facteurs d'enrichissement de 403 dans la veine no 3 et de 10,8 dans la veine no 5 comparativement à 44 et 3,3 dans la veine no 1. Nous croyons que cette différence dépend de la nature des roches encaissantes: les veines nos 3 et 5, situées au-dessus de la veine no 1, sont encaissées dans les roches hybrides

enrichies en Ag et en As alors que la veine no 1 est incluse dans la trondhjémite plus pauvre en ces éléments. Il peut s'agir également d'une variation dans la composition chimique des fluides ayant formé les différents veines.

La figure 8.6 montre que la majorité des éléments traces et des terres rares sont stables ou légèrement appauvris dans la zone minéralisée. Les pertes sont inférieures à 3,3 fois les valeurs obtenues dans les roches encaissantes. A l'exception de l'élément Ho, tous les terres rares analysés ont subi des pertes. Ces pertes sont clairement représentées sur la figure 8.7 montrant les profils normalisés par rapport à une chondrite, des éléments des terres rares pour la trondhjémite fraîche et minéralisée du gîte Elder. Les valeurs chondritiques utilisées pour ces calculs sont celles données par Taylor et Gorton (1977). Les profils indiquent une perte en éléments des terres rares plus importante dans la trondhjémite de la zone minéralisée principale (veine no 1) que dans celle des veines nos 3 et 5, démontrant ainsi un lessivage plus important de ces éléments dans la veine no 1. Dans les veines nos 3 et 5, les éléments La, Ce et Nd sont enrichis par rapport à la trondhjémite fraîche.

Ces résultats coïncident avec ceux de Kerrich et Fryer (1979) et Kerrich (1983) qui ont noté les mêmes tendances



- I1E _ _ _ _ : Trondhjémite fraîche
 I1E (V3-V5) : Trondhjémite minéralisée
 (moyenne des veines nos 3 et 5)
 I1E (V1) _ _ : Trondhjémite minéralisée
 (veine principale : veine no 1)

Figure 8.7 - Diagramme des éléments des terres rares normalisés par rapport à une chondrite pour la trondhjémite fraîche et minéralisée.

pour les éléments des terres rares dans les roches minéralisées des gisements d'or de la ceinture de l'Abitibi, et avec ceux de Trudel et al. (1987) à la mine Eldrich.

Les gîtes d'or des mines Elder et Eldrich sont particuliers, puisqu'ils ne présentent aucun enrichissement marqué en As, Sb et W qui sont habituellement abondants dans les autres gîtes d'or de la ceinture de l'Abitibi (fig. 8.8, d'après Kerrich, 1983; Méthot, 1987 et cet auteur). Les faibles enrichissements en ces éléments sont en accord avec l'absence d'arsénopyrite et de scheelite dans la zone minéralisée. De plus, ces deux gîtes aurifères possèdent des compositions minéralogiques différentes de celles des gîtes du batholite de Bourlamaque, près de Val d'Or. Contrairement aux gîtes du batholite de Flavrian, les gîtes inclus dans la quartzodiorite de Bourlamaque contiennent régulièrement de la tourmaline et de la scheelite et occasionnellement de la fuchsite (Trudel, 1985a, 1985b).

Sept grains d'or ont été analysés à la microsonde électronique pour en déterminer le titre. Les titres de l'or varient légèrement entre les veines nos 1, 3 et 5: ils sont de 86,1% Au et 13,9% Ag en poids pour la veine no 1, 89,4% Au et 10,6% Ag pour la veine no 3, et 92,9% Au et

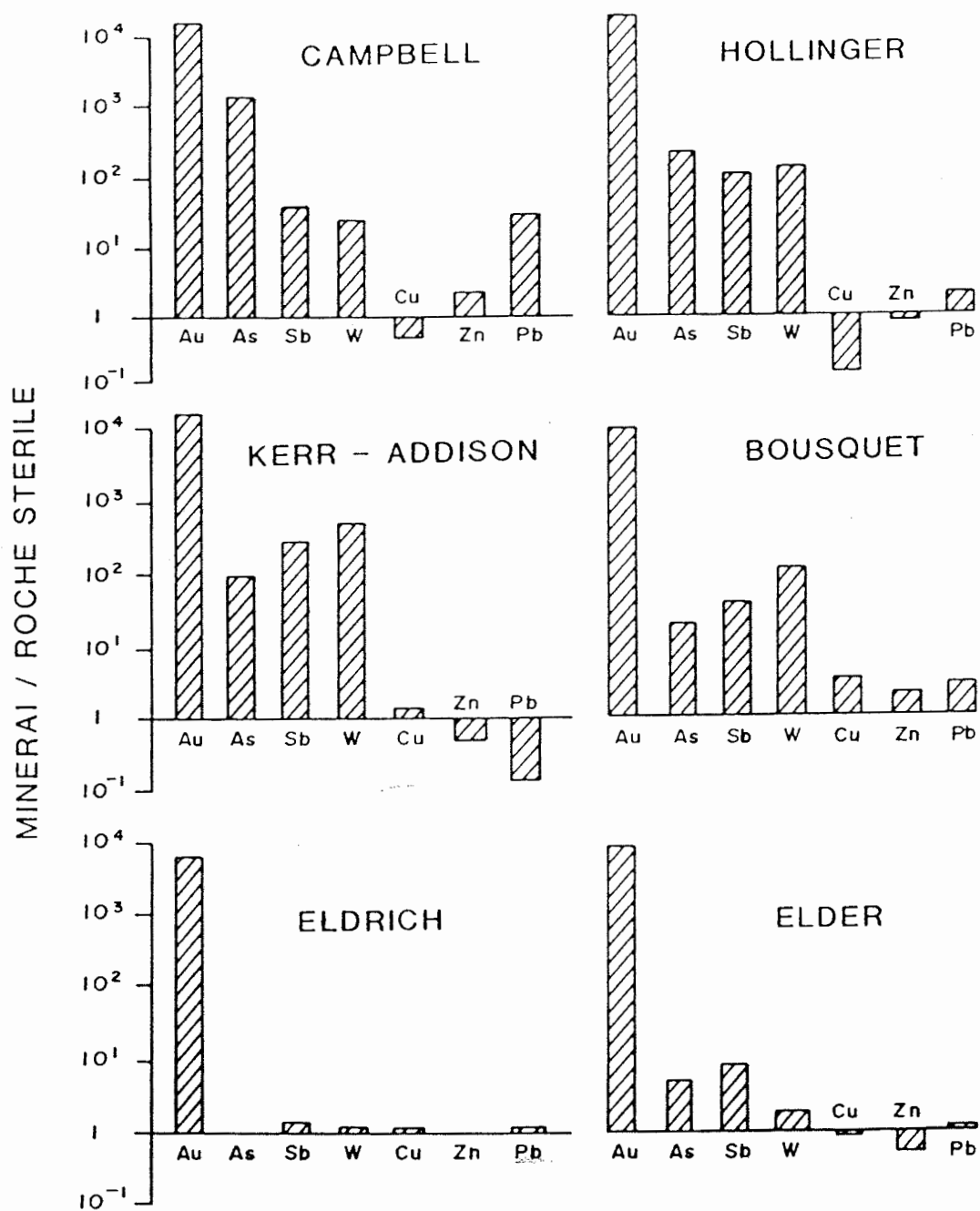


Figure 8.8 – Diagramme comparatif des enrichissements en Au, As, Sb, W, Cu, Zn et Pb des gîtes Elder et Eldrich par rapport à quelques gisements d'or de l'Abitibi.

7,1% Ag pour la veine no 5. Ces résultats suggèrent, une fois de plus, une composition différente pour les fluides ayant formé les veines nos 1, 3 et 5.

8.3.3 Dyke "basique"

La compagnie Aunore a fait produire au moins 1 500 analyses totales parmi les échantillons prélevés des galeries et des chantiers de l'ancienne mine Elder. Nous avons comparé la composition en éléments majeurs (oxydes) de trente échantillons répartis également dans le dyke "basique", dans les fragments de la zone minéralisée et dans la trondhjémite des épontes (tableau 8.3). On constate que le dyke possède des teneurs relativement élevées en K_2O , TiO_2 et en éléments volatiles (LOI) et une faible teneur en SiO_2 (47,9%). Ces valeurs témoignent de la forte altération du dyke "basique" en carbonate, en oxydes de fer et de titane et en séricite.

Les résultats géochimiques confirment le lien intime entre le dyke "basique" et la zone minéralisée. On remarque que plusieurs éléments majeurs des fragments de la zone minéralisée occupent une position intermédiaire entre ceux du dyke et ceux de la trondhjémite des épontes. Ces éléments sont SiO_2 , MgO , Fe_2O_3 , CaO et TiO_2

TABLEAU 8.3
 COMPOSITION MOYENNE EN ELEMENTS MAJEURS
 DU DYKE "BASIQUE", DE LA TRONDHJEMITE
 ET DE LA ZONE MINERALISEE

OXYDES	DYKE "BASIQUE"	ZONE MINERALISEE ^(a)	TRONDHJEMITE	UNITE DE MERITENS ^(b)
Al ₂ O ₃	13,50	7,10	10,60	14,50
Fe ₂ O ₃ ^(c)	10,70	6,90	4,30	10,12
CaO	6,30	4,90	1,90	8,09
LOI	8,60	6,60	1,80	2,70
MgO	5,10	2,70	1,20	4,55
MnO	0,15	0,18	0,12	0,18
Na ₂ O	3,70	3,40	4,90	2,92
SiO ₂	47,90	65,10	75,10	54,90
K ₂ O	1,03	0,20	0,23	0,55
P ₂ O ₅	<0,30	<0,30	<0,30	0,24
TiO ₂	0,81	0,42	0,22	1,67
TOTAL	100,09	97,50	100,37	100,42

(a) : Echantillons avec des teneurs > 3,4 g/t Au

(b) : D'après Goldie (1976)

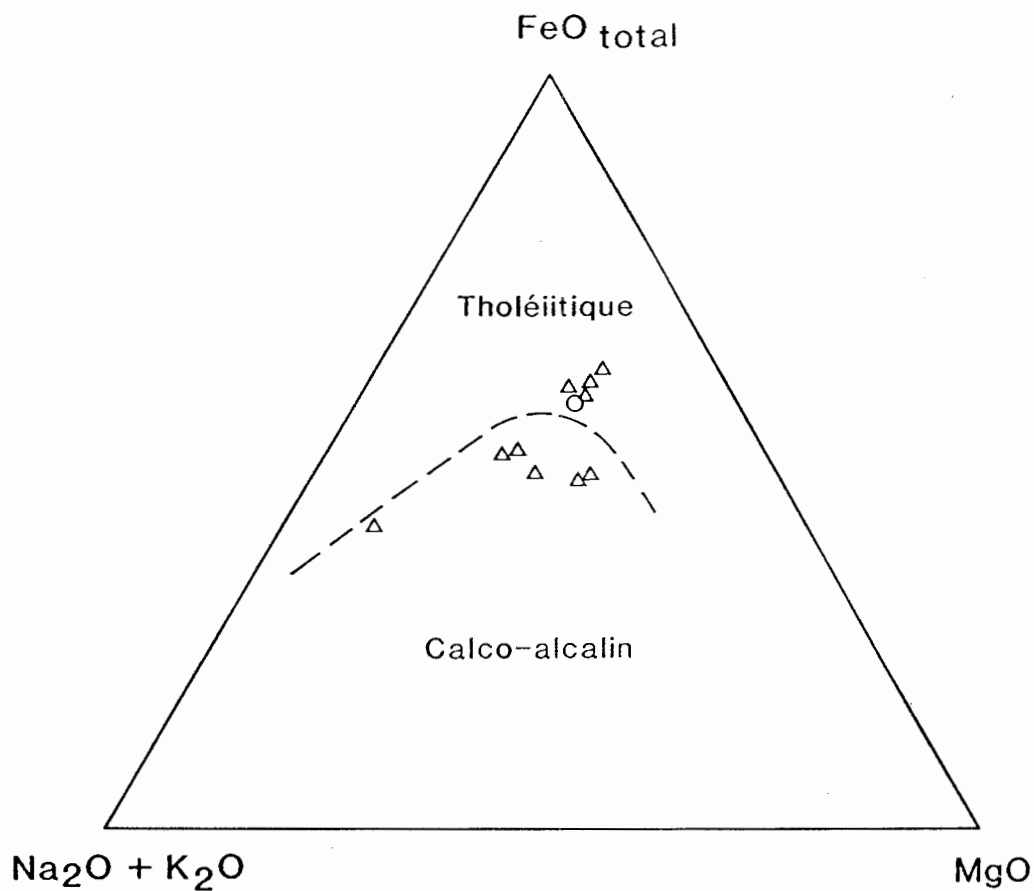
(c) : Fe₂O₃ = FeO + Fe₂O₃

(tableau 8.3). L'abaissement des teneurs en SiO_2 et l'augmentation des teneurs en MgO , Fe_2O_3 , CaO et TiO_2 par rapport à la trondhjémite des éponges démontrent l'influence du dyke "basique" sur la composition chimique de la zone minéralisée.

Le dyke "basique" de nature dioritique et le gabbro quartzifère de l'unité de Méritens du batholite de Flavrian sont de composition similaire (tableau 8.3). Goldie (1976) différencie les deux types de roches par la texture et par l'altération plus intense en chlorite et en épidote affectant le dyke (dyke mafique selon cet auteur). Les deux formations occupent le même espace dans le diagramme AFM, à la frontière des unités tholéiitiques et calco-alcalines (fig. 8.9). Ces résultats proposent une source magmatique commune pour le dyke "basique" et l'unité de Méritens.

8.4 Distribution de l'or

Les 100 analyses d'or des roches encaissantes et des éponges de la mine Elder ont été compilées sur un diagramme de fréquence cumulée, pourvu d'une échelle logarithmique en ordonnée. La courbe de la figure 8.10 montre une seule population statistique (population A) dont la distribution de l'or est lognormale. Dans la partie supérieure de la



- Unité de Méritens (gabbro quartzifère; Goldie, 1976):
moyenne de 16 échantillons.
- △ Dyke "basique" (mine Elder).

Figure 8.9 – Diagramme AFM: division entre les champs tholéitique et calco-alcalin d'après Irvine et Baragar (1971). Comparaison entre l'unité de Méritens et le dyke "basique" de la mine Elder.

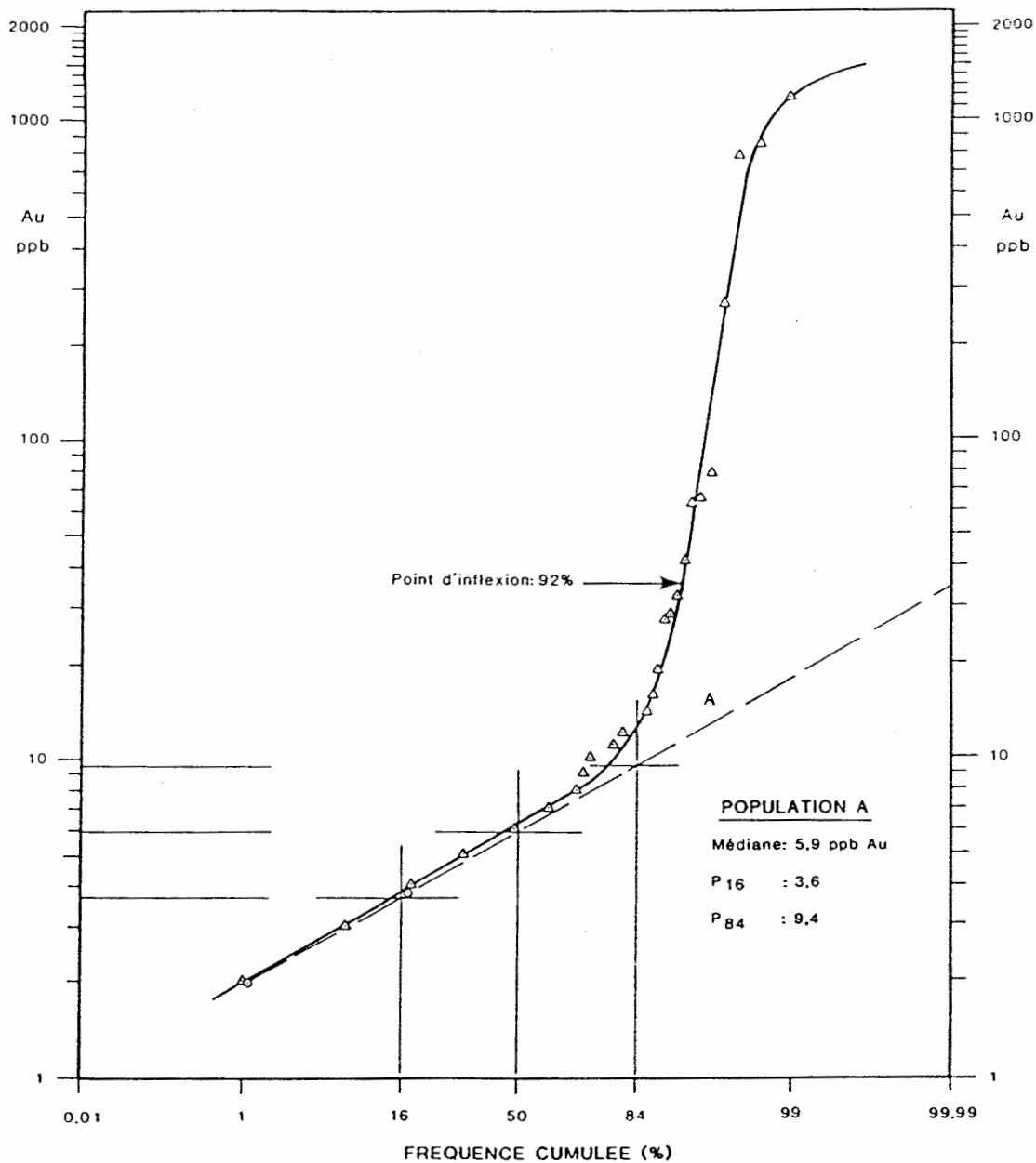


Figure 8.10 - Diagramme teneur en Au versus fréquence cumulée pour les roches encaissantes et les épontes enrichies au niveau 12.

courbe, on constate l'amorce d'une deuxième population correspondant aux teneurs en or élevées des épontes. Le nombre d'analyses (8/100) provenant des épontes est insuffisant pour déterminer une population significative pour cette zone. Les paramètres de la population A sont les suivants: P16 = 3,6 ppb Au, P50 (médiane) = 5,9 ppb Au et P84 = 9,4 ppb Au. La médiane correspond approximativement à la moyenne mathématique (6,2 ppb Au) obtenue des cinq échantillons prélevés dans les roches encaissantes du niveau 7. On note que 96,5% des 92 analyses de la population A ont des teneurs inférieures à 15 ppb. Il est reconnu qu'en-dessous de cette valeur les teneurs en Au obtenues par AANI sont imprécises (Perrault, 1987); en effet, la population A indique un $2\sigma = 5,8$ ppb Au.

Sabourin (1986) a établi le bruit de fond du batholite de Flavrian à 0,8 ppb Au. Mais, la médiane de la population statistique des roches encaissantes de la mine Elder étant de 5,9 ppb Au, on pourrait considérer que cette population définit un halo de zone. Cependant, cette affirmation est hypothétique puisque les échantillons analysés dans cet ouvrage contenaient des veinules contrairement à ceux utilisés par Sabourin (op. cit.). Un halo de gîte pourrait être déterminé en échantillonnant en détail les épontes de la zone minéralisée; d'après nos

résultats d'analyses, nous pourrions envisager un seuil de 65 ppb Au pour ce halo.

CHAPITRE 9

INCLUSIONS FLUIDES

9.1 Introduction

Ce chapitre est le résumé d'une étude produite par le Dr Lao Kheang de l'Ecole Polytechnique, traitant des inclusions fluides des roches de la zone minéralisée, au niveau 7 du gîte Elder. Ce travail a été effectué à partir de huit échantillons dont quatre sont composés uniquement de quartz de veines et quatre de roches silicifiées. Les échantillons N-7E-18 et 20, N-7W-23, 26, 27 et 29 proviennent de la veine no 1, et les échantillons N-7E-4 et 16, des veines nos 3 et 5 (carte 2). Le terme "roches silicifiées" fait référence à des fragments de trondhjémite albitisée ou de diorite altérée (dyke "basique") traversés par plusieurs veinules de quartz.

Le but de cette étude était d'établir les conditions thermiques présentes lors de la formation du gîte Elder et de qualifier les paramètres chimiques du fluide minéralisateur: température de formation, salinité, pureté du CO₂ et principaux éléments composant les inclusions fluides.

9.2 Types de quartz

On distingue, dans les échantillons de veines et de roches, deux types de quartz: les quartz Q_1 et Q_2 , ce dernier étant tardif et en quantité moindre que Q_1 . Le quartz précoce Q_1 est caractérisé par des surfaces nébuleuses, de nombreuses fractures, la présence de lamelles subparallèles et par une extinction ondulante très prononcée. Le quartz Q_2 se distingue du quartz Q_1 par des surfaces limpides, peu fracturées et par des extinctions uniformes (figs 9.1 et 9.2). L'existence de deux types de quartz suggère la présence d'au moins deux périodes d'activité hydrothermale importantes lors de la formation du gîte Elder. De plus, la présence de pyrite dans les deux types de quartz indique que le processus de pyritisation et la formation des quartz Q_1 et Q_2 sont cogénétiques.

9.3 Types d'inclusions fluides

Deux types d'inclusions fluides ont été reconnus à la mine Elder: les inclusions primaires (contemporaines au quartz hôte) et les inclusions secondaires (tardives). Les inclusions primaires sont distribuées aléatoirement dans le quartz, alors que les inclusions secondaires sont présentes dans les fractures cicatrisées (fig. 9.3). Cette étude

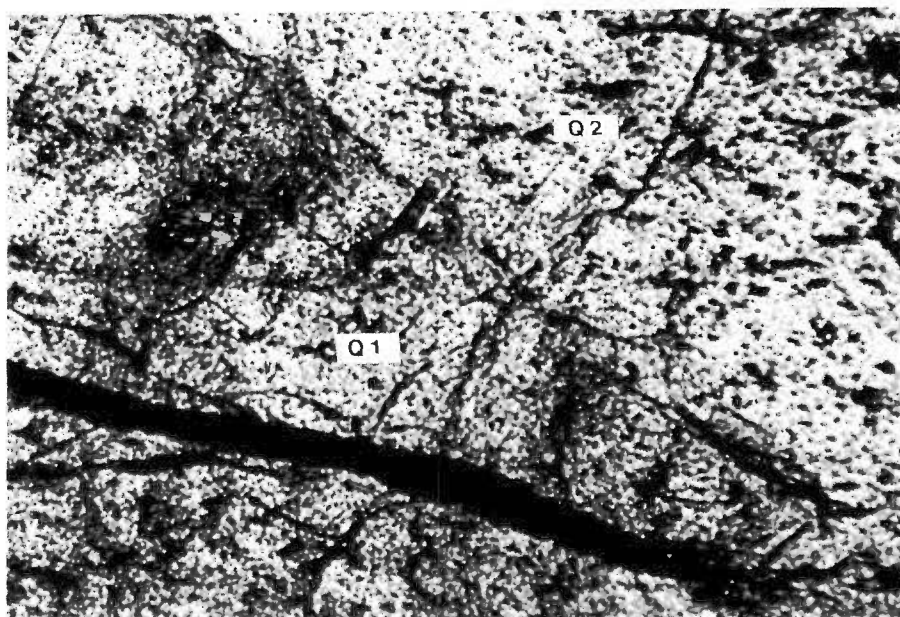
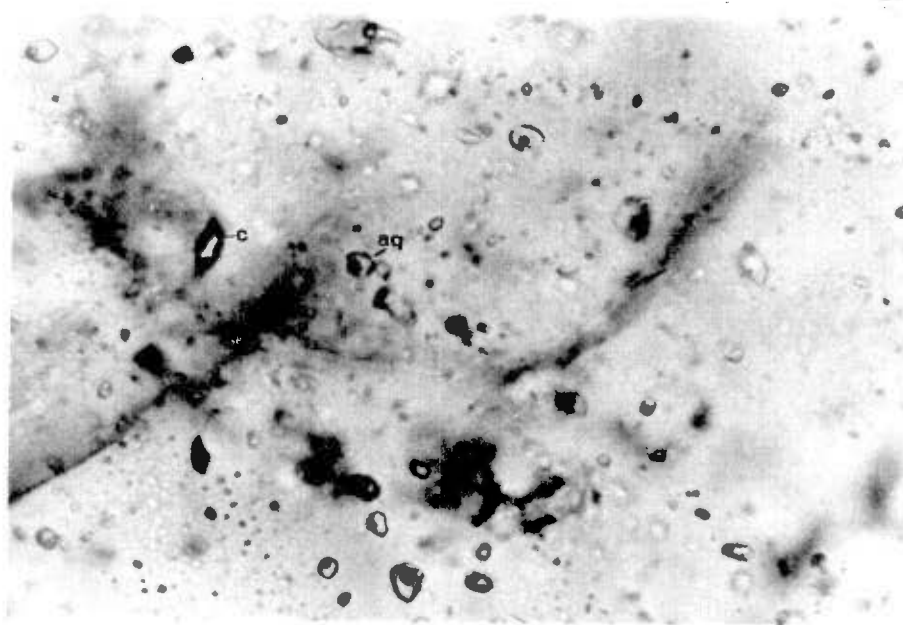


Figure : Quartz Q₁ (partie gris sombre) et quartz Q₂ à surface lisse de la veine no 1 [L.P., éch. N-7W-26].
9.1

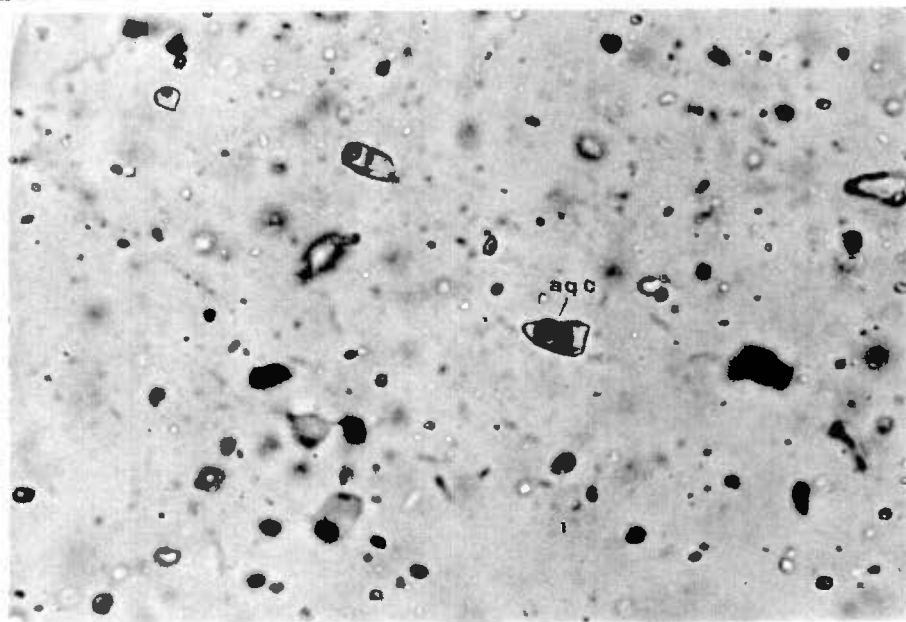


Figure : Grain de quartz Q₁ lamellaire (bandes sub-parallèles gris foncé et gris clair) au contact d'un grain de quartz Q₂ de la veine no 5 [L.P., éch. N-7E-16].
9.2



0 0,05mm

Figure : Inclusions primaires disséminées et inclusions secondaires alignées dans les fractures (veine no 1). Deux types d'inclusions: carbonique = c (CO_2) et aqueux = aq (H_2O_L et H_2O_v) [L.P., éch. N-7W-26].



0 0,05mm

Figure : Inclusions aqua-carboniques (aqc) dans la veine no 1 [L.P., éch. N-7W-26].

9.4

7

traite surtout des inclusions primaires qui sont facilement associables à un type de quartz.

Selon la proportion $(\text{H}_2\text{O})\text{l}/(\text{CO}_2)\text{l}$, les inclusions fluides dans les quartz Q_1 et Q_2 se divisent en trois espèces: aquacarboniques, aqueuses et carboniques (figs 9.3 et 9.4). Les inclusions aquacarboniques sont les plus abondantes: elles constituent de 55 à 79% des inclusions totales. Elles contiennent en majorité trois phases: $(\text{H}_2\text{O})\text{l}$, $(\text{CO}_2)\text{l}$ et $(\text{CO}_2)\text{v}$, et en quantité moindre deux phases: $(\text{H}_2\text{O})\text{l}$ et $(\text{CO}_2)\text{l}$. En général, la phase H_2O prédomine sur la phase CO_2 .

Les inclusions aqueuses contiennent une phase prépondérante de $(\text{H}_2\text{O})\text{l}$ et une faible quantité de $(\text{H}_2\text{O})\text{v}$. Quant aux inclusions carboniques, elles se composent majoritairement de $(\text{CO}_2)\text{l}$ ou de $(\text{CO}_2)\text{v}$ avec une quantité mineure de H_2O . En plus des phases fluides, quelques inclusions contiennent des cristaux de carbonate.

Les trois espèces d'inclusions peuvent être présentes dans un même grain de quartz. Cette distribution des inclusions sous-entend que les fluides étaient hétérogènes au moment de la formation du gîte Elder. Cette hétérogénéité est due à la démixtion de $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ en deux

phases distinctes au cours des abaissements de température et de pression, lors de la montée des solutions hydrothermales (Bowers et Helgeson, 1983). Cette démixtion joue un rôle important dans le changement de pH des solutions et elle est probablement l'une des causes de la précipitation de l'or.

Les mesures thermométriques effectuées sur les inclusions fluides des échantillons du gîte Elder ont permis d'évaluer les trois paramètres suivants: la pureté du CO₂, la salinité et les températures de formation. Quel que soit le type de quartz, la phase CO₂ des inclusions carboniques est toujours pure, sa température de fusion étant entre -56°C et -57°C.

La salinité de la phase aqueuse est obtenue des inclusions aqueuses et aquacarboniques. Les données du tableau 9.1, montrent que la salinité des fluides des quartz Q₁ et Q₂ varie de 8,5% à 12% pds éq. NaCl dans les veines no 3 et no 1, comparativement à une salinité de 15% dans l'échantillon N-7E-16 de la veine no 5. Nous déduisons de ces données que la veine no 5 fut formée d'un fluide différent de celui des veines nos 1 et 3.

Les températures de formation déduites des températures d'homogénéisation des phases aqueuses et carboniques sont présentées au tableau 9.1. Pour les trois veines, la température de formation varie de 144° à 224°C pour le quartz Q₁, et de 250° à 308°C pour le quartz Q₂. La prédominance du quartz Q₁ sur Q₂, dans une proportion moyenne de 8 à 1, suggère que la période à faible température (<224°C) fut beaucoup plus longue et importante que celle à température plus élevée (>250°C).

9.4 Principaux éléments présents

Des analyses chimiques ont été effectuées sur 102 résidus d'inclusions fluides éclatées provenant des échantillons de veines et de roches silicifiées. Les deux types de quartz montrent les mêmes résultats d'analyses; puisque les inclusions fluides sont plus abondantes dans le quartz Q₁ que dans le quartz Q₂, la grande majorité des analyses ont été effectuées dans le quartz Q₁. Les résidus sont surtout composés des éléments Na, K, Ca, Cl et S et, occasionnellement, des éléments Fe, Mn, Mg, Al et Ba. Ces derniers éléments n'ont pas fait l'objet d'une étude détaillée puisque leur abondance relative par rapport aux alcalis (Na + K) est très faible.

TABLÉAU 9.1

SALINITE ET TEMPERATURE DE FORMATION DES VEINES
ET DES ROCHES SILICIFIERS DU GITE ELDER

PARAMETRES	VEINE NO 1		VEINE NO 3		VEINE NO 5	
	QUARTZ ₁	QUARTZ ₂	QUARTZ ₁	QUARTZ ₂	QUARTZ ₁	QUARTZ ₂
Salinité (%pds éq. NaCl)	9,3 (11,5)	10,5 (12,0)	- (9,0)	- (8,5)	15,0 -	15,0 -
Température de formation (°C)	155-208 (185-224)	250-308 (280-300)	- (175)	- (279-300)	144-185 -	257-305 -

[Données des roches silicifiées: entre parenthèses]

Les résidus des inclusions fluides sont nettement plus riches en Na qu'en K: pour 86 des 102 mesures effectuées, les rapports $\text{Na}/(\text{Na} + \text{K})$ varient de 0,9 à 1,0. Dans le cas du Ca, la majorité des rapports $\text{Ca}/(\text{Na} + \text{K})$ sont inférieurs à 0,5; ces rapports peuvent atteindre 9,96 dans les inclusions fluides contenant des cristaux de carbonate. Cette dernière valeur est observée dans un fragment très carbonatisé du dyke basique (éch. N-7E-16).

Dans les échantillons de veines, les rapports $\text{Cl}/(\text{Na} + \text{K})$ forment deux groupes: l'un avec des valeurs inférieures à 1 (veine no 1) et l'autre avec des valeurs supérieures à 1 (veine no 5), alors que dans les fragments de roches, les rapports sont tous inférieurs à 1 (veines nos 1 et 3). Le S montre également une différence de concentration entre le quartz de veines et de fragments de roches silicifiées. Dans le quartz de veines, la majorité des résidus (34/48) ont des rapports $\text{S}/(\text{Na} + \text{K})$ inférieurs à 0,5, alors que dans les fragments altérés, la majorité des résidus ont des rapports supérieurs à 0,5. Ces données correspondent à celles des analyses pétrographiques qui montrent que la pyrite de la zone minéralisée est principalement concentrée dans les fragments de roches altérées.

Les résidus des inclusions fluides du quartz de veines

du gîte Elder contiennent deux types de sels: premièrement, le NaCl et le CaCl₂ dans le cas d'un excès de chlore par rapport au Na (veine no 5) et, deuxièmement, des sels de Na sous forme de composés Na-S ou Na-C dans les cas de déficience en Cl (veine no 1). La limite entre ces deux types de sels est représentée sur la figure 9.5 par la droite (NaCl + KCl) qui montre la balance entre le chlore et les alcalis. Les points au-dessus de la courbe indiquent un excès en Cl alors que ceux en-dessous indiquent une déficience en Cl. Les points des analyses de la veine no 5 sont situés en majorité au-dessus de la courbe (NaCl + KCl), alors que ceux de la veine no 1 sont en-dessous. En absence de K, on obtient un excès de Cl par rapport au Na lorsque le rapport Cl/(Na + K) est supérieur à 1,54. Normalement, le chlorure de Na compose la majorité des solutions aqueuses dans les systèmes hydrothermaux modernes; on observe ce phénomène dans les solutions aurifères de Broadland en Nouvelle-Zélande où le rapport Cl/(Na + K) est supérieur à 1,39 (White, 1981).

Dans les fragments de roches, les résidus des inclusions sont pauvres en chlorure et le composé Na-S est probablement le composé principal. La présence de CaSO₄ ou de composés Na-C est possible dans les résidus ayant un excès ou une déficience en S par rapport au Na.

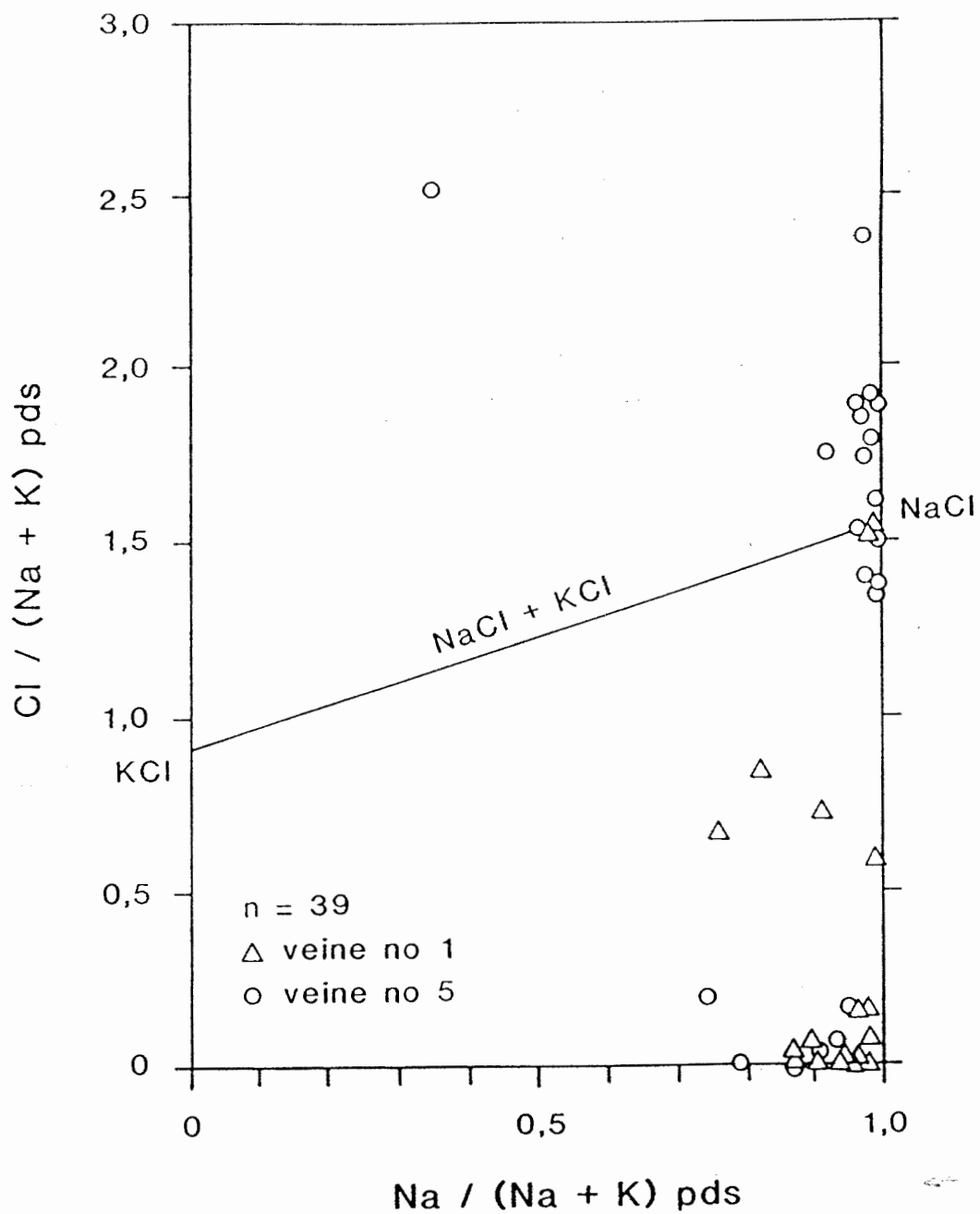


Figure 9.5 - Relation entre le Na et le Cl pour les inclusions fluides des veines numéros 1 et 5.

9.5 Conclusion

Le gîte aurifère Elder a été formé sous deux régimes thermiques différents: le premier régime a produit le quartz Q_1 , à des températures entre 144° et 224°C ; le deuxième régime a produit le quartz Q_2 , à des températures entre 250° et 308°C . Ces températures de formation sont légèrement inférieures à celles de la plupart des gîtes d'or de l'Archéen. En effet, les données cumulées par Kerrich (1983) sur 12 mines d'or dans les roches de l'archéen, montrent des températures variant de 320° à 480°C . De plus, les principales caractéristiques des fluides hydrothermaux de ces mines étaient leur faible salinité et leur quantité importante de CO_2 .

L'étude des inclusions fluides nous indique que les solutions de la veine no 5 se distinguent de celles des veines nos 1 et 3 par leur salinité et leur composition. En effet, le quartz de veines du gîte Elder possède deux groupes de salinité: les solutions avec 15% pds éq. NaCl dans la veine no 5 et les solutions entre 8,5% et 12% pds éq. NaCl dans les veines nos 3 et 1. De plus, selon l'abondance du Cl et du S, nous reconnaissons deux solutions aqueuses: l'une de type chlorure et l'autre pauvre en chlore. Les solutions à salinité élevée sont de type

chlorure: elles se composent principalement de NaCl et de CaCl₂; les solutions pauvres en chlore sont enrichies en S, le composé Na-S étant le sel principal.

L'examen des inclusions fluides n'a pas permis d'établir une relation entre les deux régimes thermiques à l'origine des quartz Q₁ et Q₂, et les deux types de solutions aqueuses. Des solutions aqueuses différentes ont formé la veine no 5 et les veines nos 1 et 3 de la zone minéralisée, alors que les deux types de quartz sont présents dans les trois veines.

CHAPITRE 10

CONCLUSION

Le gisement d'or de la mine Elder est situé à l'intérieur et près de la bordure sud-est du batholite de Flavrian. A cet endroit, le batholite est composé de roches hybrides, de trondhjémite et de tonalite. Le contact entre la trondhjémite et les roches hybrides semble avoir contrôlé la mise en place de la veine minéralisée principale (veine no 1); celle-ci est incluse dans la trondhjémite, près du contact inférieur d'une bande de roches hybrides de direction NE-SO.

La zone minéralisée principale est une veine bréchique de 0,3 à 3,0 mètres d'épaisseur, composée de quartz blanc et de fragments minéralisés des épontes. La pyrite, contenant 79% des grains d'or observés, est surtout localisée dans les fragments de la zone minéralisée. La majorité des grains d'or (86,9%) ont un diamètre inférieur à 0,032 millimètre. La distribution de l'or dans les fractures et entre les grains de pyrite suggère une minéralisation aurifère postérieure ou contemporaine à la pyritisation de la roche, lors de la phase finale du processus d'altération hydrothermale. La structure massive

des fragments et la préservation des textures primaires de la roche indiquent que la zone minéralisée de la mine Elder a subi un faible cisaillement.

Le dyke "basique", de composition dioritique, intimement lié à la veine no 1, représente un métallotecte de première importance. La présence de ce dyke moins compétent, encaissé dans des roches plus résistantes, représentait une zone de faiblesse au moment de la déformation associée à la minéralisation aurifère. Par conséquent, le dyke aurait représenté un lieu privilégié de fracturation et de déposition de la minéralisation aurifère. En comparant la composition du dyke "basique" à celle du gabbro quartzifère de l'unité de Méritens du batholite de Flavrian, nous déduisons que ces deux unités sont comagmatiques. Dans le batholite, la trondhjémite est venue après le gabbro de Méritens, alors qu'ici, le dyke "basique" recoupe la trondhjémite.

Les observations minéralogiques et géochimiques montrent que la zone minéralisée est bordée d'un halo d'altération fortement albitisé dont l'épaisseur varie de 21 à 28 mètres. Sous l'action des solutions hydrothermales riches en S et en CO₂, les roches de la zone minéralisée ont été

fortement carbonatisées et pyritisées aux dépens de la chlorite et de la magnétite. Cette altération s'est accompagnée d'un enrichissement en hématite et en rutile et d'un appauvrissement en séricite et en chlorite. Ce processus a provoqué une désilicification des roches encaissantes et une migration du SiO_2 pour former la matrice siliceuse contenant les fragments minéralisés en or.

Ces changements minéralogiques coïncident avec les enrichissements en S, CO_2 , CaO, MgO, Fe_2O_3 et TiO_2 . Les fluides hydrothermaux ont altéré plus profondément et plus intensément les épontes inférieures que les épontes supérieures. Le recoupement de plusieurs générations de veinules de quartz et de carbonate dans les fragments de la zone minéralisée indique que le gîte Elder a subi plusieurs séquences d'altération.

On constate une similitude lorsque l'on compare le facteur d'enrichissement en Au de la zone minéralisée de la mine Elder (8 313) avec celui des autres mines d'or de la région de l'Abitibi (environ 10 000); de plus, les pertes en éléments des terres rares dans la zone minéralisée coïncident avec les résultats obtenus dans les autres mines d'or de la ceinture de l'Abitibi. Par contre, ce gîte est

particulier puisqu'il ne présente que de légers enrichissements en As, Sb et W; ces éléments étant fortement concentrés dans beaucoup d'autres gisements d'or de l'Abitibi. Parmi les autres éléments traces, l'Ag est le seul à présenter un facteur d'enrichissement appréciable, soit 156. Les teneurs en Ag sont plus élevées dans les veines nos 3 et 5 que dans la veine no 1: cette différence s'explique par le fait que les veines nos 3 et 5 sont encaissées dans les roches hybrides, plus riches en Ag que la trondhjémite, et aussi, par une variation dans la composition chimique des fluides ayant formé les différentes veines.

Le gîte de la mine Elder a été produit par deux régimes thermiques responsables de la formation de deux types de quartz; pour le quartz Q_1 , la température de formation est inférieure à 224°C et, pour le quartz Q_2 , les températures se situent entre 250° et 308°C . Les veines nos 1, 3 et 5 ont été formées par deux solutions hydrothermales différentes: une solution à salinité élevée, de type chlorure dont le sel principal est le NaCl, à l'origine de la veine no 5; une solution à salinité faible, pauvre en chlore et riche en soufre dont le sel principal est de type Na-S, à l'origine des veines nos 1 et 3. Le soufre de ces solutions aurait réduit le fer de l'hématite

et de la chlorite pour précipiter la pyrite, alors que le sodium aurait causé l'albitisation de la roche. Il est possible que l'or de ces solutions ait été transporté sous forme de complexes ioniques de Cl ou de S.

En plus des différences de facteurs d'enrichissement en Ag et en As et des variations de la salinité et de la composition des inclusions fluides, deux autres résultats permettent de conclure que les veines nos 1, 3 et 5 ont été formées par des solutions différentes. Ce sont premièrement, la variation des titres de l'or où les quantités d'Ag associés à l'or, dans les veines nos 1, 3 et 5 sont respectivement 13,9%, 10,6%, et 7,1% en poids; et deuxièmement, les variations dans les trois veines, des facteurs d'enrichissement (La, Ce, Nd et Sm) ou d'appauvrissement (Eu, Gd, Tb, Tm, Yb et Lu) des éléments des terres rares.

La recherche de nouvelles zones minéralisées aurifères dans le batholite de Flavrian devrait être basée sur l'identification de contacts trondhjémite-roches hybrides ou sur la localisation de lentilles de diorite altérée (dyke "basique") ou de zones fortement carbonatisées, hématitisées et pyritisées. Nous estimons que ces zones trouvées dans un tel contexte sont des cibles d'exploration offrant beaucoup de potentiel.

BIBLIOGRAPHIE

- ALSAC, C. et LATULIPPE, M., (1979): Quelques aspects pétrographiques et géochimiques du volcanisme archéen de Malartic en Abitibi (Province de Québec, Canada). *Journal canadien des sciences de la terre*, v. 16, pp. 1041-1059.
- BARKER, F., (1979): Trondhjemites: definition, environment and hypotheses of origin. In *Trondhjemites, dacites and related rocks*. Edited by F. Barker. Elsevier, Amsterdam, pp. 1-12.
- BARNES, H. L., editor, (1979): *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Toronto, pp. 173-235.
- BEAUDOIN, A., (1986): *Pétrographie et géochimie de l'altération reliée au gîte aurifère Dest-Or, Abitibi, Québec*. Mémoire de M. Sc. A., Ecole Polytechnique, Montréal, Québec, 276 pages.
- BOWERS, T. S. and HELGESON, H. C., (1983): Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of non-ideal mixing in the system H₂O-CO₂-NaCl on phase relations in geological system: metamorphic equilibria of high pressures and temperatures. *American Mineralogist*, v. 68, pp. 1059-1075.
- BOYLE, R. W., (1979): The geochemistry of gold and its deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element). Geological Survey of Canada, Bulletin 280, 584 pages.
- BOYLE, R. W., (1984): Gold deposits: their geology, geochemistry and origin. In *Gold 82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Edited by R. P. Foster. A. A. Balkeman, Rotterdam, pp. 183-189.

- BUSSIERES, A. et TREMBLAY, M., (1980): Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, fiche de gîte Beauchastel-12.
- COOKE, H. C., JAMES, W. F. and MAWDSLEY, J. B., (1931): Geology and ore deposits of Rouyn-Harricana region, Quebec. Geological Survey of Canada, Memoir 166.
- CRAIG, J. R. and VAUGHAN, D. J., (1981): Ore microscopy and ore petrography. John Wiley & Sons, Toronto, 406 pages.
- DIMROTH, E., IMREH, L., ROCHELEAU, M. et GOULET, N., (1982): Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part 1: Stratigraphy and paleogeographic model. Journal canadien des sciences de la terre, v. 19, pp. 1729-1758.
- FYFE, W. S. and KERRICH, R., (1984): Gold: natural concentration processes. In Gold 82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits. Edited by R. P. Foster. A. A. Balkeman, Rotterdam, pp. 99-127.
- GELINAS, L., BROOKS, C., PERRAULT, G., CARIGNAN, J., TRUDEL, P. et GRASSO, F., (1977): Chemostratigraphic divisions within the Abitibi volcanic Belt, Rouyn-Noranda district, Quebec. In Volcanic Regimes in Canada. Edited by W. R. A. Baragar, L. C. Coleman and J. M. Hall. Geological Association of Canada, Special Paper 16, pp. 265-295.
- GELINAS, L. et LUDDEN, J. N., (1984): Rhyolitic volcanism and the geochemical evolution of an Archean central ring complex: the Blake River Group volcanics of the southern Abitibi Belt, Superior Province. Physics of the Earth and Planetary Interiors, v. 35, pp. 77-88.

- GELINAS, L., TRUDEL, P. and HUBERT, C., (1984): Chemostratigraphic division of the Blake River Group, Rouyn-Noranda area, Abitibi, Quebec. *Journal canadien des sciences de la terre*, v. 21, pp. 220-231.
- GOLDIE, R., (1976): The Flavrian and Powell plutons, Noranda area, Quebec. Ph. D. thesis, Queen's University, Kingston, Ontario.
- GOLDIE, R., (1978): Magma mixing in the Flavrian pluton, Noranda area, Quebec. *Journal canadien des sciences de la terre*, v. 15, pp. 132-144.
- GOODWIN, A. M., (1977): Archean volcanism in Superior Province, Canadian Shield. In *Volcanic Regimes in Canada*. Edited by W. R. A. Baragar, L. C. Coleman and J. M. Hall. Geological Association of Canada, Special Paper 16, pp. 205-241.
- GOODWIN, A. M., (1979): Archean volcanic studies in the Timmins-Kirkland Lake-Noranda Region of Ontario and Quebec. *Commission géologique du Canada, Bulletin 278*, 51 pages.
- GOODWIN, A. M., (1982): Archean volcanoes in southwestern Abitibi Belt, Ontario and Quebec: form, composition and development. *Journal canadien des sciences de la terre*, v. 19, pp. 1140-1155.
- GOODWIN, A. M. (1984): Archaean greenstone belts and gold mineralization, Superior Province, Canada. In *Gold 82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits*. Edited by R. P. Foster. A. A. Balkeman, Rotterdam, pp. 71-97.
- GOODWIN, A. M. and RIDLER, R. H., (1970): The Abitibi Orogenic Belt. In *Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield*. Edited by A. J. Baer. *Commission géologique du Canada, paper 70-40*, pp. 1-30.

- GUSSOW, W. C., (1937): Petrogeny of the major acid intrusives of the Rouyn-Bell River area of Northwestern Quebec. Transactions of the Royal Society of Canada, Section IV, pp. 129-161.
- HEINRICH, E. W., (1965): Microscopic identification of minerals. McGraw-Hill ed., Toronto, 414 pages.
- HINSE, G. J., (1984): Summary report on the Elder Mine property, Beauchastel Twp., for Aunore Resources Inc.. Rapport non publié.
- HINSE, G. J., (1985): Report on the Tagami gold prospect, southeast Duprat Township, Northwestern Quebec, for Aunore Resources Inc.. Rapport non publié.
- HINSE, G. J., (1986): Progress report on the Elder property, located in Beauchastel Township, Northwest Québec, for the period ending June 30 1986, for Aunore Resources Inc. Rapport non publié.
- HOWARTH, R. J., (1983): Statistics and data analysis in geochemical prospecting. In Handbook of Exploration Geochemistry. Edited by R. J. Howarth. Elsevier, Amsterdam, v. 2, pp. 59-81.
- HUBERT, C., TRUDEL, P. et GELINAS, L., (1984): Archean wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River Group, Abitibi Belt, Quebec. Journal canadien des sciences de la terre, v. 21, pp. 1024-1032.
- IRVINE, T. N. et BARAGAR, W. R. A., (1971): A guide to the classification of the common volcanic rocks. Journal canadien des sciences de la terre, v. 8. pp. 523-548.

- JOLLY, W. T., (1975): Subdivision of the Archean lavas of the Abitibi area, Canada, from Fe-Mg-Ni-Cr relations. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 27, pp. 200-215.
- JOLLY, W. T., (1980): Development and degradation of Archean lavas, Abitibi area, Canada, in the light of major element geochemistry. *Journal of Petrology*, v. 21, pp. 323-363.
- KERRICH, R. and FRYER, B. J., (1979): Archean precious metal hydrothermal systems, Dome Mine, Abitibi Greenstone Belt; II. REE and oxygen isotope relations. *Journal canadien des sciences de la terre*, v. 15, pp. 1653-1660.
- KENNEDY, L. P., (1984): The geology and geochemistry of the Archean Flavrian pluton, Noranda, Quebec. Ph. D. thesis, University of Western Ontario, London, Ontario.
- KERRICH, R., (1983): Geochemistry of gold deposits in the Abitibi Greenstone Belt. *Institut canadien des mines et de la métallurgie*, volume spécial 27, 75 pages.
- KERRICH, R. and WATSON, G. P., (1984): The Macassa mine, Archean lode gold deposit, Kirkland Lake, Ontario: geology, patterns of alteration and hydrothermal regimes. *Economic Geology*, v. 79, pp. 1104-1130.
- KHEANG, L., (1987): Inclusions fluides de la mine Elder, NW Quebec. *Rapport interne*, Ecole Polytechnique, Montréal, Québec, 62 pages.
- KROGH, T. E. and DAVIS, G. L., (1971): Zircon U-Pb ages of Archean metavolcanic rocks in the Canadian Shield. *Carnegie Institute of Washington, Papers from the Geophysical Laboratory*, Report 1970-1971, pp. 241-242.

- KROGH, T. E. and DAVIS, G. L., (1974): Alteration in zircon with discordant U-Pb ages. Carnegie Institute of Washington, Yearbook, Geophysical Laboratory 1973-1974, pp. 560-567.
- KROGH, T. E., ERMANOVICS, I. F. and DAVIS, G. L., (1974): Two episodes of metamorphism and deformation in the Archean rocks of the Canadian Shield. Carnegie Institute of Washington, Yearbook, v. 73, pp. 573-575.
- LEBEL, G., CARTER, T. G. and LEY, G. M. M., (1986): Report to Ressources Aunore Inc. on Geotechnical Investigation, Elder project, Rouyn, Quebec. Rapport privé.
- LUDDEN, J. N. and HUBERT, C., (1986a): Geological evolution of the late Archean Abitibi Greenstone Belt of Canada. Geology, v. 14, pp. 707-711.
- LUDDEN, J. N., HUBERT, C. and GARIEPY, C., (1986b): The tectonic evolution of the Abitibi Greenstone Belt of Canada. Geological Magazine, v. 123 (2), pp. 153-166.
- MACKENZIE, G. S., (1941): Halliwell mine map-area. Quebec Department of Mines, Geological Report 7.
- MCMURCHY, R. C., (1975): Former Elder Mines Ltd property, Beauchastel and Duprat Townships, Rouyn-Noranda area, Quebec. Rapport privé.
- METHOT, Y., (1987): Pétrographie et géochimie du minerai et de l'altération reliée au gîte aurifère Eldrich, Abitibi, Québec. Mémoire de M. Sc. A., Ecole Polytechnique, Montréal, Québec, 233 pages.
- MOORHOUSE, W. W., (1959): The study of rocks in thin section. Harper and Row, New York, 514 pages.

- PARADIS, S., (1984): Le pluton de Flavrian; évolution pétrologique, géochimique et relation avec les roches volcaniques du Groupe de Blake River, Abitibi, P. Q. Mémoire de M. Sc. A., Université de Montréal, Montréal, Québec, 196 pages.
- PERRAULT, G., (1987): Distribution de l'or dans les roches hôtes des gisements d'or de la région de Lamaque-New Pascalis, District de Val d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 87-27, 73 pages.
- PYKE, D. R., NALDRETT, A. J. and ECKSTRAND, O. R., (1973): Archean ultramafic flows in Munro Township, Ontario. Geological Society of America Bulletin, v. 84, pp. 955-978.
- RAMDOHR, P., (1980): The ore minerals and their intergrowths. Pergamon Press, 2nd Edition, v. 2, 1207 pages.
- ROBERT, F. and BROWN, A. C., (1984): Progressive alteration associated with gold-quartz-tourmaline veins at the Sigma Mine, Abitibi Greenstone Belt, Québec. Economic Geology, v. 79, pp. 393-399.
- ROEDDER, E., (1984): Fluid-inclusion evidence bearing on the environments of gold deposition. In Gold 82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits, Edited by R. P. Foster. A. A. Balkeman, Rotterdam, pp. 129-163.
- ROSS, S. H., (1945): Report on Elder Gold Mines Limited. Quebec Department of Mines, Mineral Deposits Branch, Report 6132-B, August 14, 1947.
- ROUBAULT, M., (1963): Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Lamarre-Poinat ed., Paris, 365 pages.

- SABOURIN, L., (1986): Etude de la distribution de l'or dans le batholite de Flavrian. Projet de fin d'études, Ecole Polytechnique, Montréal, Québec, 90 pages.
- SEWARD, T. M., (1984): Probability graphs in mineral exploration. In Gold 82: The geology, geochemistry and genesis of gold deposits, Edited by R. P. Foster. A. A. Balkeman, Rotterdam, pp. 165-181.
- SNC, (1980): Report on the results of the geophysical surveys and diamond drilling program executed on the Beauchastel property, Beauchastel Township, Abitibi, Quebec. Rapport privé.
- SPENCE, C. D. and DE ROSEN-SPENCE, A. F., (1975): The place of sulfide mineralization in the volcanic sequence of Noranda, Quebec. Economic Geology, v. 70, pp. 90-101.
- STREICKEISEN, A. L., (1976): To each plutonic rock its proper name. Earth Science Reviews, v. 12, pp. 1-33.
- TAYLOR, S. R. et GORTON, M. P. (1977): Geochemical application of spark source mass-spectrography-III. Element sensitivity, precision and accuracy. Geochemica and Cosmochemica Acta, v. 41, pp. 1375-1380.
- TRUDEL, P., (1985a): Géologie de la mine Sullivan, Val d'Or, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 85-16, 42 pages.
- TRUDEL, P., (1985b): Géologie de la mine Perron, Pascalis, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 85-39, 38 pages.
- TRUDEL, P., (1986): Géologie de la mine Bussièrès, Pascalis, Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB 86-23, 51 pages.

- TRUDEL, P., METHOT, Y. et PERRAULT, G., (1987): Géochimie de la minéralisation aurifère à la mine Eldrich, Région de Rouyn-Noranda, Québec, Canada. 12^{ème} colloque international d'exploration géochimique, Orléans, France, Programme et résumés, pp.60-61.
- VEILLEUX, C. A., (1981): Report on diamond drilling executed from September to November 1981 by Sullivan Mining Group Ltd, Beauchastel Township. Rapport privé.
- VERPAELST, P. et HOCQ, M., (1986): Géologie du Groupe de Hunter Mine, Cantons de Poulariès et de Privat. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, SNRC 32D/10 et 32D/11.
- VU, X. L., (1985): Géologie de la mine d'or Belmoral, Val d'Or, Québec. Mémoire de M. Sc. A., Ecole Polytechnique, Montréal, Québec, 71 pages.
- WHITE, D. E., (1981): Active geothermal systems and hydrothermal ore deposits. Economic Geology, 75th Annual volume, pp. 392-423.
- WILSON, M. E., (1941): Noranda district, Quebec. Geological Survey of Canada, Memoir 229.
- WILSON, M. E., (1962): Rouyn-Beauchastel map areas, Quebec. Geological Survey of Canada, Memoir 315, 140 pages.

ANNEXE 1

ESTIMATION VISUELLE DE LA
COMPOSITION MINERALOGIQUE
DES ROCHES ENCAISSANTES ET
DE LA ZONE MINERALISEE AU NIVEAU 12

ANNEXE 1

ESTIMATION VISUELLE DE LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE
DES ROCHES ENCAISSANTES ET DE LA ZONE MINÉRALISÉE AU NIVEAU 12

ECHANTILLON	PROVENANCE	LITHOLOGIE	QZ (%)	PL (%)	CL (%)	CC (%)	SE+M (%)	EP (%)	OP (%)	DO (%)	HB (%)	OF (%)	LX (%)	RL (%)	AL (%)	SN (%)	ZC (%)
N-7E-4	ZM	IIE	15	65	4	8		Tr	5			Tr	2-3	Tr			
N-7E-5	ZM	IIE	23	46	5	15		<1	8				2-3				
N-9W-6	ES	DBF	20	52	12	10	1-2					4					
N-7E-7	ES	IIE	40	35	8	10	Tr	Tr	5				Tr				
N-7E-11	EI	IIE	45	39	7	4-5	Tr		3-4				Tr	Tr			
N-7E-12	ZM	IIE	43	44	3-5	3		<1	4								
N-7E-14	ZM	IIE	20	70	1-2	4-5		Tr	2-3							Tr	
N-7E-15	ES	IIE	58	30	7	Tr	3	Tr					1-2				
N-7E-16	ZM	DBA	26	26	25	15			5-8				Tr	Tr			
N-7E-17	EI	I2I	8	68	1-2	7-8			10	2-3			<1				
N-7E-18	ZM	IIE	42	50	Tr	2	<1		5			Tr	Tr				
N-7E-19	EI	IIE	48	43	<1	2-3	Tr	1	3				<1				
N-7E-20	ZM	DBA	18	19	25	25	Tr		7			Tr	3	3			
N-7E-21	ZM	DBA	27	27	20	15			7				4				
N-7E-22	ES	IIE	42	50	1	Tr	<1	<1	4			Tr	<1				
N-7W-23	ZM	IIE	23	63	Tr	4	1	Tr	8				<1				
N-7W-24	EI	I3E	2	52	5	25	4		12								
N-7W-29	ZM	IIE	3-4	74	1-2	6	<1		8				5				
N-7W-30	EI	IIE	46	46	2	3	1	Tr	1			Tr				1	
N-7E-32	ZM	IIE	30	56	3	3	Tr	Tr	6			Tr	1	<1			
N-7E-34	ZM	IIE	19	20	10	40		<1	9				<1				
N-7E-35	ES	IIE	45	35	17	Tr	1	Tr					2				
N-7E-39	EI	IIE	42	43		3			11				<1				
TM-12-46	EI	IIE	32	55		5	Tr	<1	7								
TM-12-48	EI	IIE	22	60		8	Tr	Tr	10								
TM-12-50	EI	IIE	24	58	7	8			3								Tr
TM-12-50A	EI	IIF	2		12	60	16		Tr			10					
TM-12-52	EI	IIE	38	40	12	4	4	Tr	2			Tr	Tr				Tr
TM-12-54	EI	IIE	28	59	6	3	1		3								
TM-12-56	RR	IIR	30	53	2	2	2	Tr	3	Tr							

ANNEXE 1 (suite)

ECHANTILLON	PROVORNANCE	LITHOLOGIE	QZ (%)	PL (%)	CL (%)	CC (%)	SE+M (%)	EP (%)	OP (%)	BO (%)	HB (%)	OF (%)	LX (%)	RL (%)	AL (%)	SN (%)	ZC (%)
TM-12-56A	RE	I1F	37	47	3	2	Tr	Tr	8			2-3					
TM-12-58	RE	I1E	43	43	1	6	1		5			<1					
TM-12-60	RE	I1E	40	46	3	7	<1	<1	2			Tr					
TM-12-62	RE	I1E	53	37	2	2	<1	<1	3	<1	Tr						
TM-12-64	RE	I1G	60	30	2	2	Tr	Tr	4	2		Tr					
TM-12-66	RE	I1E	47	45	2	1		2	1	2		Tr		Tr			
TM-12-68	RE	I1E	65	25	4	2	1	<1	2	Tr							
TM-12-70	RE	I1D	20	53	4	2	<1	10	4	5		Tr	<1				
TM-12-71	RE	I1E	38	50	3	3	<1	Tr	2	3		Tr	Tr				
TM-12-72	RE	I1E	37	20	10	30	Tr	<1	2			Tr	Tr				
TM-12-74A	RE	I3N	3	Tr	5	29	29	3	<1	30							
TM-12-76	RE	I1E	46	42	3	<1	Tr	5	<1	<1	<1	Tr				Tr	
TM-12-78	RE	I1E	48	40	5	1	1	3	2							Tr	
TM-12-80	RE	I1E	47	42	5	2		3	1			Tr	Tr				
TM-12-82	RE	I1E	47	43	3	1	Tr	2	2	<1		<1					
TM-12-84	RE	I1E	43	48	3	2	Tr	<1	2	Tr		<1	Tr				
TM-12-86	RE	I1E	47	43	2	Tr	Tr	1	2-3	4			Tr				
TM-12-88	RE	I1E	48	42	2	1	Tr	3	2-3	Tr		Tr		Tr			
TM-12-90	RE	I1E	50	40	4	3	Tr	<1	2			Tr					
TM-12-92	RE	I1E	48	40	3	1	Tr	4	3			Tr					
TM-12-94	RE	I1E	47	45	3	<1	<1	2	2			Tr					
TM-12-96	RE	I1E	50	41	4	2	<1	<1	1								
TM-12-98	RE	I1E	57	20	3	1	Tr	17	2			Tr					
TM-12-100	RE	I1E	51	37	7	Tr	2	1	1				Tr				
TT-12-102	ES	I1E	45	42		4		<1	8			Tr					
TT-12-104	ES	I1E	43	46	<1	4	Tr	<1	5								
TT-12-106	ES	I1G	63	<1	30	<1	3	Tr	2			Tr					
TT-12-108	ES	I1E	32	51	8	4	<1	<1	2			<1	Tr				
TT-12-110	RE	I1E	43	43	5	1-2	2-3	<1	2			Tr	Tr	Tr			
TT-12-112	RE	I1E	42	42	8	3-4	<1	1	2			Tr	Tr	Tr			

ANNEXE 1 (suite)

ECHANTILLON	PROVENANCE	LITHOLOGIE	QZ (%)	PL (%)	CL (%)	CC (%)	SE+M (%)	EP (%)	OP (%)	BO+S (%)	HB (%)	OF (%)	LX (%)	RL (%)	AL (%)	SN (%)	ZC (%)
TT-12-114	RE	I1E	40	41	10	4	<1	1	2-3				Tr				
TT-12-116	RE	I1D	30	50	4	1	1	8	6				Tr				
TT-12-118	RE	I1D	22	54	4	<1	Tr	7	6	5		<1		Tr			
TT-12-120	RE	I1E	30	61	3	<1	Tr	1	<1			Tr	3				
TT-12-122	RE	I1D	25	45	<1	3		10	4	2	10	Tr					
TT-12-124	RE	I1D	20	54	6	2	<1	5	5	4	2			1			
TT-12-126	RE	I1E	41	44	5	2	Tr	1	2-3	3		Tr			Tr		
TT-12-126A	RE	I1F	<1	60	29	3	Tr		7			Tr	Tr				
TT-12-128	RE	I1E	26	51	15	4		Tr	3			Tr	Tr				
TT-12-130	RE	I1E	53	42	3		Tr	Tr	1-2				Tr				
TT-12-132	RE	I1G	70		10	Tr	17	<1	2	Tr			Tr				
TT-12-134	RE	I1E	53	38	5		2	<1	1				Tr				
TT-12-135A	RE	I1F	32	33	<1	1	22	5	<1			2	3				
TT-12-135B	RE	I3N	66		5	8	12	4		4			1				
TT-12-136	RE	I1E	45	40	8	2	<1	<1	2			<1					
TT-12-138	RE	I1E	46	43	4	Tr	4	<1	1				1				
TT-12-140	RE	I1G	70	Tr	17		10	<1	1				1				
TT-12-142	RE	I1E	46	38	8	3	3	Tr	1				1				
TT-12-144	RE	I1G	70	Tr	23	Tr	4	<1	1				1				
N-12E-146	ZM	I1E	52	40	<1	2	<1	1	3				Tr				
N-12E-147	ZM	I1E	45	45	<1	4-5	Tr	Tr	3			<1					
N-12E-148	ZM	DBA	19	40		25			8			4	4				
N-12W-149	ZM	I1E	35	53	1-2	7		Tr	2-3		Tr						
N-12W-150	ZM	I1E	33	23	<1	40			3								

ANNEXE 1 (suite)

LEGENDE

PROVENANCE:

EI : Eponte inférieure
ES : Eponte supérieure
RE : Roches encaissantes
ZM : Zone minéralisée

LITHOLOGIE:

DBA : Dyke basique altéré
DBF : Dyke basique "frais"
ILD : Tonalite
ILE : Trondhjémite
ILF : Felsite ou aplite
ILG : Granitoïde quartzifère
I2I : Diorite quartzifère
I3E : Gabbro quartzifère
I3N : Lamprophyre

MINERAUX:

AL : Allanite
BO : Biotite
CC : Carbonate
CL : Chlorite
EP : Epidote
HB : Hornblende
LX : Leucoxène
OP : Opaques
OF : Oxyde de fer et de titane
 : (sub-opaques)
PL : Plagioclase
QZ : Quartz
RL : Rutile
SE+M: Séricite et muscovite
SN : Sphène
ZC : Zircon

ANNEXE 2

RESULTATS D'ANALYSES DES ELEMENTS MAJEURS
DE LA ZONE MINERALISEE DES EPONTES ET
DES ROCHES ENCAISSANTES AU NIVEAU 12

ANNEXE 2

RESULTATS D'ANALYSES DES ELEMENTS MAJEURS
DE LA ZONE MINERALISEE AU NIVEAU 12

ELEMENTS MAJEURS	N-12E-146 (%)	N-12E-147 (%)	N-12E-148 (%)	N-12W-149 (%)	N-12W-150 (%)
SiO ₂	72,49	73,04	60,75	61,36	61,04
TiO ₂	0,30	0,16	0,60	0,71	0,46
Al ₂ O ₃	10,12	10,07	9,72	9,11	4,42
CaO	0,77	3,00	5,30	5,99	8,67
K ₂ O	0,22	0,19	0,03	0,11	0,16
Na ₂ O	5,71	5,52	5,65	5,02	2,28
MgO	0,23	1,07	2,26	2,30	4,59
Fe tot	4,10	1,94	4,26	4,08	3,20
FeO	0,61	1,58	1,98	2,73	2,68
Fe ₂ O ₃	5,18	1,01	3,89	2,79	1,59
S	3,30	0,25	2,49	0,88	0,33
P ₂ O ₅	0,08	0,04	0,06	0,22	0,53
CO ₂	0,91	4,12	7,80	8,66	13,18
H ₂ O	0,14	0,11	<0,02	0,18	0,11
MnO	0,03	0,08	0,16	0,18	0,19
Total	100,09	100,24	100,69	100,29	100,29

ANNEXE 2 (suite)

RESULTATS D'ANALYSES DES ELEMENTS MAJEURS
DES EPONTES ET DES ROCHES ENCAISSANTES AU NIVEAU 12

ELEMENTS MAJEURS	EI TM-12-46 (%)	E1 TM-12-48 (%)	EI TM-12-50 (%)	EI TM-12-52 (%)	E1 TM-12-56 (%)	EI TM-12-60 (%)	RE TM-12-66 (%)	ES TT-12-102 (%)	ES TT-12-104 (%)	RE TT-12-110 (%)
SiO ₂	67,00	58,61	58,84	74,46	73,09	77,41	75,90	66,83	70,26	76,76
TiO ₂	0,58	0,77	0,81	0,29	0,37	0,18	0,20	0,38	0,33	0,23
Al ₂ O ₃	13,92	13,34	13,43	11,64	13,37	11,52	11,66	12,75	11,49	11,69
CaO	1,42	3,76	4,81	2,04	0,77	1,34	1,48	2,49	2,59	0,66
K ₂ O	0,20	0,28	0,31	0,32	0,76	0,26	0,24	0,29	0,33	0,21
Na ₂ O	7,64	7,03	5,58	4,93	6,47	5,77	5,56	7,08	6,29	5,85
MgO	0,39	1,25	1,46	0,18	0,35	0,12	0,17	0,33	0,74	0,45
Fe tot	4,50	7,00	6,06	3,07	2,71	1,78	2,76	4,91	3,36	2,28
FeO	0,84	3,60	6,34	3,36	1,84	1,87	2,15	1,23	2,56	1,89
Fe ₂ O ₃	5,50	6,00	1,61	0,65	1,82	0,46	1,55	5,65	1,95	1,15
S	0,76	0,43	0,27	0,02	0,05	0,03	0,01	0,40	0,20	0,02
P ₂ O ₅	0,16	0,22	0,27	0,02	0,03	0,01	0,00	0,08	0,06	0,04
CO ₂	1,69	4,76	5,35	1,28	0,67	0,88	0,51	2,37	3,41	0,42
H ₂ O	0,14	0,16	1,19	0,83	0,57	0,36	0,59	0,16	0,21	0,61
MnO	0,07	0,16	0,20	0,09	0,04	0,05	0,07	0,10	0,10	0,03
Total	100,31	100,38	100,57	100,12	100,20	100,26	100,09	100,14	100,52	100,01

EI : Eponte inférieure
ES : Eponte supérieure
RE : Roche encaissante

ANNEXE 3

RESULTATS DES ANALYSES DES ELEMENTS TRACES
ET DES TERRES RARES DE LA ZONE MINERALISEE
ET DES ROCHES ECAISSANTES AU NIVEAU 7

ANNEXE 3

RESULTATS DES ANALYSES DES ELEMENTS TRACES ET DES TERRES RARES
DE LA ZONE MINERALISEE ET DES ROCHES ENCAISSANTES AU NIVEAU 7*

ELEMENT	N-7E-14 (Veine 3)	N-7E-18 (Veine 1)	N-7W-23 (Veine 1)	N-7W-29 (Veine 1)	N-7E-38 (Veine 5)	TT-7-40 RH	TT-7-41 RH	TT-7-42 TR	TT-7-43 RH	TT-7-45 TR
La	28,2	6,4	9,2	3,2	26,1	26,0	19,0	9,6	19,1	21,0
Ce	52,0	14,0	22,0	6,1	52,0	57,0	39,0	17,0	49,0	36,0
Nd	24,0	7,2	14,0	3,7	23,0	29,0	21,0	8,4	31,0	16,0
Sm	6,7	2,2	4,2	1,4	5,6	8,0	6,5	2,1	10,0	3,9
Eu	0,9	0,4	1,1	0,4	1,1	1,8	1,8	1,4	1,9	1,4
Gd	8,0	<5,0	6,0	<5,0	<5,0	9,0	7,0	<5,0	9,0	<5,0
Tb	0,81	0,49	0,74	0,27	0,92	1,46	1,2	0,36	1,77	0,6
Ho	<76,0	<16,0	<6,0	<82,0	<19,0	2,2	2,1	0,7	2,8	1,2
Tm	0,5	0,4	0,6	0,2	0,6	0,8	1,0	0,3	1,1	0,5
Yb	3,1	2,4	3,2	1,2	3,8	5,2	6,0	2,1	7,4	3,0
Lu	0,46	0,36	0,51	0,16	0,58	0,70	0,86	0,34	1,08	0,42
Sc	15,9	2,6	19,5	8,6	7,4	14,6	34,5	5,1	32,8	5,3
Cr	33,0	36,0	48,0	67,0	47,0	11,0	7,0	6,0	10,0	6,0
Co	14,6	2,2	3,5	48,0	9,6	0,7	1,1	1,0	1,5	0,3
As	4,8	3,1	3,6	2,2	10,8	<2,0	<2,0	1,3	<4,0	<2,0
Sb	1,1	1,2	1,5	1,2	1,3	<0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
Cs	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	1,4	0,3
Ba	33,0	44,0	94,0	<40,0	62,0	215,0	178,0	151,0	186,0	172,0
Hf	4,4	4,9	3,9	0,9	3,2	5,3	5,8	6,5	3,4	6,4
Ta	0,5	0,6	0,6	0,2	0,6	0,5	0,8	0,7	0,8	0,6

* : Les analyses sont exprimées en ppm.
RH : Roches hybrides, TR : Trondhjémite.

ANNEXE 3 (suite)

ELEMENT	N-7E-14 (Veine 3)	N-7E-18 (Veine 1)	N-7W-23 (Veine 1)	N-7W-29 (Veine 1)	N-7E-38 (Veine 5)	TT-7-40 RH	TT-7-41 RH	TT-7-42 TR	TT-7-43 RH	TT-7-45 TR
W	20,0	8,0	31,0	24,0	11,0	8,0	16,0	<10,0	16,0	<10,0
Th	2,1	2,0	0,9	0,5	2,2	3,7	1,5	4,6	0,9	3,1
U	<0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	1,0	0,6	1,0	0,6	0,8
Au	32,7	7,1	2,8	27,6	28,7	0,005	0,010	0,005	0,006	<0,005
Ag	5,24	0,54	0,17	1,0	3,2	0,007	0,005	0,033	0,003	0,017
Be	3,6	3,7	3,1	4,1	3,0	1,9	2,2	3,2	2,2	2,4
Cd	5,1	3,9	5,6	4,8	5,6	4,7	5,1	4,6	4,9	3,5
Cu	82,0	44,0	44,0	30,0	73,0	18,0	24,0	136,0	38,0	77,0
Li	4,7	1,3	1,5	3,6	1,7	4,9	6,5	2,7	3,2	3,0
Mn	704,0	228,0	540,0	469,0	224,0	541,0	933,0	389,0	1399,0	198,0
Ni	28,0	29,0	30,0	101,0	43,0	9,0	2,0	7,0	2,0	7,0
Pb	17,0	13,0	7,0	10,0	10,0	10,0	1,0	21,0	8,0	15,0
Rb	9,0	3,0	6,0	4,0	3,0	4,0	4,0	7,0	6,0	3,0
Sr	28,0	14,0	42,0	23,0	19,0	60,0	73,0	60,0	106,0	67,0
V	21,0	35,0	17,0	3,0	3,0	7,0	2,0	12,0	18,0	17,0
Zn	22,0	13,0	21,0	21,0	15,0	36,0	41,0	35,0	64,0	30,0

* : Les analyses sont exprimées en ppm.
RH : Roches hybrides, TR : Trondhjémité.

ANNEXE 4

RESULTATS DES ANALYSES (AANI)
POUR AU, AS, SB ET W DES ROCHES ENCAISSANTES
ET DES EPONTES AU NIVEAU 12

ANNEXE 4

RESULTATS DES ANALYSES (AANI) POUR AU, AS, SB ET W
DES ROCHES ENCAISSANTES ET DES EPONTES AU NIVEAU 12

ECHANTILLON	AU (PPB)	AS (PPM)	SB (PPM)	W (PPM)
TM-12-46	63	<0,5	0,4	<10
TM-12-47	118	<0,6	0,1	<10
TM-12-48	827	<0,9	0,3	8
TM-12-49	770	1,4	0,2	<10
TM-12-50	19	1,7	0,3	<10
TM-12-51	8	<1,2	<0,3	<10
TM-12-52	11	<0,4	0,3	<10
TM-12-53	<7	<0,8	<0,2	<10
TM-12-54	<5	1,1	0,2	<10
TM-12-55	5	<1,2	<0,3	<10
TM-12-56	<7	<1,0	<0,2	<10
TM-12-57	10	0,9	<0,2	8
TM-12-58	1590	<1,0	0,4	16
TM-12-59	16	<0,6	0,2	<10
TM-12-60	32	<0,7	0,2	<10
TM-12-61	6	<0,9	<0,1	<10
TM-12-62	5	<0,4	<0,1	<10
TM-12-63	6	0,8	<0,1	<10
TM-12-64	<6	0,7	0,4	<10
TM-12-65	6	0,8	<0,2	<10
TM-12-66	8	<0,6	<0,1	<10
TM-12-67	4	0,7	<0,1	<10
TM-12-68	7	<0,6	<0,1	<10
TM-12-69	<6	<0,9	<0,1	<10
TM-12-70	<4	<0,7	0,1	<10
TM-12-71	7	0,8	<0,1	<10
TM-12-72	8	<0,5	0,2	<10
TM-12-73	7	<0,4	<0,1	<10
TM-12-74	6	1,4	0,2	<10
TM-12-75	<7	<0,9	<0,1	<10

ANNEXE 4 (suite)

ECHANTILLON	AU (PPB)	AS (PPM)	SB (PPM)	W (PPM)
TM-12-76	<6	<0,5	<0,1	<10
TM-12-77	<5	<0,7	0,1	<10
TM-12-78	8	<0,6	<0,1	<10
TM-12-79	<4	<0,4	<0,1	<10
TM-12-80	<4	<0,9	0,1	<10
TM-12-81	<3	<0,4	<0,1	<10
TM-12-82	<4	<0,6	<0,1	<10
TM-12-83	65	0,8	<0,1	<10
TM-12-84	<3	<0,5	<0,1	<10
TM-12-85	<3	<0,5	<0,1	<10
TM-12-86	<4	<0,3	<0,1	<10
TM-12-87	<6	<0,7	<0,1	<10
TM-12-88	14	<0,7	0,1	<10
TM-12-89	8	<0,3	<0,1	<10
TM-12-90	<6	<0,3	0,1	<10
TM-12-91	9	<0,6	0,2	<10
TM-12-92	7	<0,7	<0,1	<10
TM-12-93	<3	<0,6	0,1	<10
TM-12-94	8	<0,4	<0,1	<10
TM-12-95	7	<0,2	0,1	<10
TM-12-96	7	<0,4	<0,1	<10
TM-12-97	10	<0,4	0,1	<10
TM-12-98	<4	<0,2	<0,1	<10
TM-12-99	11	<0,6	<0,1	<10
TM-12-100	11	<0,7	0,1	<10
TT-12-101	1160	<0,5	0,2	7
TT-12-102	41	<0,2	0,2	6
TT-12-103	28	0,6	0,2	6
TT-12-104	9	<0,3	0,2	5
TT-12-105	265	<0,5	0,1	7
TT-12-106	<6	0,3	0,3	12
TT-12-107	4	<0,5	<0,1	<10
TT-12-108	<5	<0,4	<0,1	<10
TT-12-109	<5	<0,4	0,1	5
TT-12-110	27	<0,3	<0,1	<10

ANNEXE 4 (suite)

ECHANTILLON	AU (PPB)	AS (PPM)	SB (PPM)	W (PPM)
TT-12-111	<2	<0,3	0,2	<10
TT-12-112	11	0,5	<0,1	<10
TT-12-113	5	0,6	0,1	<10
TT-12-114	<3	<0,4	<0,1	<10
TT-12-115	14	1,0	0,2	<10
TT-12-116	8	<0,8	0,1	<10
TT-12-117	<6	0,6	<0,1	<10
TT-12-118	7	<0,5	0,1	<10
TT-12-119	12	<0,7	0,1	21
TT-12-120	6	<0,8	<0,1	7
TT-12-121	6	0,7	<0,1	<10
TT-12-122	<5	0,6	0,1	<10
TT-12-123	<8	1,6	<0,1	<10
TT-12-124	<6	<0,9	<0,1	<10
TT-12-125	<4	1,2	<0,1	<10
TT-12-126	11	<1,1	0,3	<10
TT-12-127	8	3,1	0,2	<10
TT-12-128	6	<0,9	<0,2	<10
TT-12-129	14	<1,0	<0,1	<10
TT-12-130	<5	0,7	0,1	<10
TT-12-131	<5	<0,8	0,2	9
TT-12-132	<3	0,7	0,2	<10
TT-12-133	4	<0,6	<0,1	<10
TT-12-134	<5	0,7	<0,1	<10
TT-12-135	6	<0,4	<0,1	6
TT-12-136	14	<0,3	<0,1	<10
TT-12-137	12	<0,8	<0,1	<10
TT-12-138	<5	<1,0	0,1	<10
TT-12-139	5	<0,8	<0,1	<10
TT-12-140	11	<1,0	<0,1	8
TT-12-141	5	<1,0	<0,1	<10
TT-12-142	7	1,6	0,1	<10
TT-12-143	14	1,1	<0,1	5
TT-12-144	4	<1,3	<0,1	<10
TT-12-145	6	<1,3	<0,1	<10