

# MM 87-03

ETUDE METALLOGENIQUE (AURIFERE) DU FILON-COUCHE DE BOURBEAU (REGION DE CHIBOUGAMAU)

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



Licence

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

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 

# Étude métallogénique (aurifère) du filon-couche de Bourbeau (région de Chibougamau)

Benoît Dubé  
Jayanta Guha

MM 87-03



1989

Québec 

# Étude métallogénique (aurifère) du filon-couche de Bourbeau (région de Chibougamau)

Benoît Dubé  
Jayanta Guha

MM 87-03

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE ET MINÉRALE  
Sous-ministre adjoint : R.Y. Lamarche

DIRECTION DE LA RECHERCHE GÉOLOGIQUE  
Directeur : J.-L. Caty

SERVICE DE LA GÉOLOGIE  
Chef : J. Cimon

Manuscrit soumis le 87-04-22  
Accepté pour publication le 88-06-01

Lecteurs critiques  
A. Simard, K.N.M. Sharma et A. Gobeil

Éditeurs  
Géo-textes

*Préparé par la Division de l'édition (Service de la géoinformation, DGEGM)*

Le présent projet est financé par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada et le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec dans le cadre de l'entente auxiliaire Canada—Québec sur le développement minéral.

**Page couverture:** Veine de quartz New Vein, mine Norbeau

## RÉSUMÉ

Le filon-couche de Bourbeau est l'hôte de deux des quatre mines d'or connues dans la région de Chibougamau-Chapais. On croit même qu'il existe beaucoup d'analogies entre ce filon-couche et le *Golden Mile Dolerite Sill* de Kalgoorlie en Australie, un des plus importants producteurs aurifères dans l'Archéen. Le filon-couche de Bourbeau représente, par conséquent, une cible privilégiée pour l'exploration aurifère.

La région de Chibougamau-Chapais fait partie de la province géologique du Supérieur et sa stratigraphie peut se résumer à un empilement de roches volcaniques — le Groupe de Roy composé de deux cycles volcaniques constitués chacun d'un membre mafique et d'un membre felsique — sur lequel repose en discordance une séquence de roches volcano-sédimentaires. Le filon-couche de Bourbeau est localisé au sommet d'un complexe mafique-ultramafique (Complexe de Cummings) constitué de trois filons-couches (Roberge, Ventures et Bourbeau) mis en place dans la Formation de Blondeau (Groupe de Roy). L'épaisseur moyenne de chacun des trois filons-couches est de l'ordre de 400 mètres avec une épaisseur maximale de 1 000 mètres.

Les travaux suivants ont permis l'évaluation du potentiel aurifère du filon-couche de Bourbeau : caractérisations pétrologique, pétrographique et pétrochimique dans des secteurs non minéralisés; caractérisation des minéralisations aurifères trouvées dans le filon-couche grâce à l'étude des mines Cooke et Norbeau de même que certains autres indices aurifères connus; modélisation de la mise en place de la minéralisation aurifère et formulation de guides d'exploration.

Le filon-couche de Bourbeau est constitué, de la base au sommet, d'une zone de pyroxénite, d'un leucogabbro, d'un ferrogabbro à quartz contenant des zones de rosettes de hornblende, et d'une ferrodiorite à quartz avec un granophyre sodique par endroits. L'étude pétrochimique régionale montre que tous les échantillons étudiés sont comagmatiques et appartiennent à la série tholéiitique. Les roches étudiées ont, de façon générale, subi peu de déformations et sont affectées par un métamorphisme régional de type schiste vert.

Les minéralisations aurifères économiques sont toutes localisées à l'intérieur de veines de quartz (mines Cooke et Norbeau). À la mine Norbeau et aux indices Chibougamau Copper, Tadd, Springer et du ruisseau Leclerc, la majeure partie des zones minéralisées ou anormales en or sont localisées dans le ferrogabbro à quartz et(ou) dans la ferrodiorite à quartz. Elles se situent donc plutôt vers le sommet du filon-couche de Bourbeau, là où les proportions de silice et de fer total sont plus élevées. Toutefois, le leucogabbro n'est pas nécessairement à négliger, car ce faciès est l'hôte d'une grande partie de la minéralisation exploitée à la mine Cooke.

À l'échelle régionale, on constate que les structures E-W et les cisaillements associés constituent le principal contrôle de la minéralisation aurifère. De plus, la proximité d'une structure régionale majeure semble être un élément important. Ainsi les structures régionales comme les plans axiaux des plis régionaux E-W et les failles longitudinales régionales (Kapunapotagan, Fari-beault, du lac Antoinette, etc.) sont des cibles favorables. L'altération hydrothermale est, dans tous les cas, contrôlée par la présence de zones de cisaillement. Cette altération se caractérise partout par la présence de carbonates (ankérite et calcite), de chlorite, de séricite et(ou) de fuchsite.



---

# Table des matières

---

	Page
<b>GÉNÉRALITÉS</b> .....	1
Problématique .....	1
Buts .....	1
Localisation .....	1
Méthodologie .....	1
Remerciements .....	4
 <b>ÉTUDE RÉGIONALE DU FILON-COUCHE DE BOURBEAU</b> .....	 7
Introduction .....	7
Pétrographie .....	7
Pyroxénite (péridotite) .....	8
Leucogabbro .....	8
Ferrogabbro à quartz .....	8
Ferrodiorite à quartz — ferrodiorite granophyrique .....	8
Sommaire de l'étude pétrographique .....	9
Pétrochimie régionale .....	9
Introduction .....	9
Diagrammes binaires .....	9
Classification chimique .....	11
Sommaire de l'étude régionale .....	11
 <b>MINE COOKE</b> .....	 13
Introduction .....	13
Perspective historique .....	13
Géologie régionale .....	13
Géologie locale .....	13
Pétrographie des faciès du filon-couche de Bourbeau à la mine Cooke .....	13
Introduction .....	13
Pyroxénite .....	13
Leucogabbro .....	16
Ferrogabbro à quartz .....	16
Pétrochimie du filon-couche de Bourbeau dans le secteur de la mine Cooke .....	16
Introduction .....	16
Diagrammes binaires des éléments majeurs et mineurs .....	17
Diagrammes binaires et ternaires : classification chimique .....	19
Comparaison avec l'étude régionale .....	19
Altération hydrothermale associée aux zones aurifères de la mine Cooke .....	20
Introduction .....	20
Pétrographie des altérations .....	20

Lithogéochimie des zones minéralisées .....	25
Introduction .....	25
Lithogéochimie qualitative .....	25
Lithogéochimie quantitative .....	25
Introduction .....	25
Forage S-588 .....	26
Éléments indicateurs .....	30
Minéralisations .....	31
Introduction .....	31
Gangue .....	31
Phases métalliques .....	32
Chalcopyrite .....	32
Pyrrhotite .....	32
Arsénopyrite .....	33
Pyrite .....	33
Or natif .....	33
Paragenèse métallique .....	34
Distribution de la minéralisation .....	34
Contrôle structural .....	34
Failles tardives .....	39
Modèles structural et métallogénique .....	40
<b>MINE NORBEAU .....</b>	<b>43</b>
Introduction .....	43
Localisation .....	43
Contexte géologique .....	43
Géologie locale .....	44
Introduction .....	44
Pétrographie des faciès du filon-couche de Bourbeau .....	44
Péridotite .....	44
Leucogabbro .....	44
Ferrogabbro à quartz .....	44
Ferrodiortite à quartz et intercroissances granophyriques .....	44
Ferrogabbro sommital (de trempe) .....	46
Géologie locale et distribution des faciès pétrologiques : discussion .....	46
Pétrochimie du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau .....	47
Introduction .....	47
Diagrammes binaires des éléments majeurs et mineurs .....	47
Diagrammes binaires et ternaires : classification chimique .....	49
Comparaison avec l'étude régionale .....	49
Distribution de la minéralisation .....	49
Altération hydrothermale associée aux zones aurifères de la mine Norbeau .....	50
Introduction .....	50
Pétrographie des altérations .....	50
Veine New Vein (Schécapio) .....	50
Veine Sharpe .....	53

Veine n° 1 .....	55
Veine Mann .....	56
Comparaison avec l'étude de Prochnau (1971) .....	57
Lithogéochimie des zones minéralisées .....	57
Introduction .....	57
Lithogéochimie qualitative .....	58
Éléments indicateurs .....	63
Minéralisations .....	64
Introduction .....	64
Gangue .....	64
Phases métalliques .....	64
Pyrite .....	64
Arsénopyrite .....	65
Pyrrhotite .....	65
Or natif .....	65
Autres phases .....	66
Paragenèse métallique .....	66
Géologie structurale .....	67
Introduction .....	67
Stratification S <sub>0</sub> .....	67
Discontinuités S <sub>2</sub> .....	67
Introduction .....	67
Schistosité et clivage E-W .....	68
Failles longitudinales E-W à NW-SE .....	68
Zones de cisaillement E-W .....	68
Caractéristiques structurales des zones de cisaillement associées aux veines aurifères E-W ...	68
Zone de cisaillement ESE .....	70
Veines aurifères NE-SW et N-S (n° 1 et n° 4) .....	71
Discontinuités S <sub>3</sub> .....	72
<b>CARACTÉRISATION DES INDICES AURIFÈRES .....</b>	<b>75</b>
Introduction .....	75
Description des indices aurifères .....	75
Indice Chibougamau Copper .....	75
Localisations géographique et géologique .....	75
Minéralisation .....	75
Structure .....	75
Altération .....	75
Indice Bourbeau west-1 .....	78
Localisations géographique et géologique .....	78
Minéralisation .....	78
Structure .....	78
Altération .....	80
Indice Bourbeau west-2 .....	81
Localisations géographique et géologique .....	81
Minéralisation .....	81

Structure .....	84
Altération .....	84
Indice du ruisseau Leclerc .....	85
Localisations géographique et géologique .....	85
Minéralisation .....	85
Structure .....	85
Altération .....	85
Indice Tadd .....	87
Localisations géographique et géologique .....	87
Minéralisation .....	87
Structure .....	87
Altération .....	88
Indice Springer .....	89
Localisations géographique et géologique .....	89
Minéralisation .....	89
Structure .....	90
Altération .....	91
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>93</b>
Introduction .....	93
Étude régionale .....	93
Mine Cooke .....	93
Mine Norbeau .....	94
Comparaison des caractéristiques des mines et des indices étudiés .....	95
Guides d'exploration stratégiques et tactiques .....	98
Guides locaux .....	98
Mine Cooke .....	98
Mine Norbeau .....	98
Indices .....	99
Guides régionaux .....	99
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>101</b>
<b>ANNEXE I</b>	
Composition minéralogique primaire de roches du filon-couche de Bourbeau .....	105
<b>ANNEXE II</b>	
Composition de différents minéraux déterminée à la microsonde électronique .....	107
<b>ANNEXE III</b>	
Résultats d'analyse des roches de la région étudiée .....	111

## Problématique

La région de Chibougamau est reconnue pour ses mines de cuivre-or trouvées dans le Complexe du Lac Doré (figure 1 et tableau 1). Toutefois, le filon-couche de Bourbeau représente également une cible privilégiée pour l'exploration aurifère. En effet, il est l'hôte de deux des quatre mines d'or, au sens strict, connues jusqu'à présent dans cette région (Cooke et Norbeau). Les deux autres sont les mines Gwillim et Chibex. D'après nous (Dubé, 1985), le filon-couche de Bourbeau possède une compétence, une composition chimique et une position stratigraphique qui en font une cible aurifère de choix. De plus, Allard (1982) propose, d'après la similitude entre les faciès lithologiques, qu'il existe beaucoup d'analogies entre le filon-couche de Bourbeau et le *Golden Mile Dolerite Sill* de Kalgoorlie en Australie (Phillips, 1986), un des plus importants producteurs aurifères dans l'Archéen. Nos travaux nous suggèrent la même conclusion en tenant compte, en plus, des aspects géologiques.

Jusqu'à présent, les connaissances acquises sur le filon-couche de Bourbeau (Duquette, 1970) l'ont été grâce principalement aux travaux de cartographie et de stratigraphie réalisés par Duquette (1970, 1976 et 1982), Gobeil (1973), Avramtchev (1975) et Boudreault (1977), aux travaux de compilation de Allard (1976), Allard *et al.* (1979) et Gobeil & Racicot (1983), et aux travaux à caractères pétrologique et pétrochimique de Poitras (1984) et Dubé (1985). Le groupe de recherche en Archéen du Centre d'études sur les ressources minérales de l'Université du Québec à Chicoutimi a entrepris des travaux ponctuels qui touchent à la fois la lithogéochimie et la géologie (Bélanger, 1979; Bélanger *et al.*, 1984; Buchanan, 1983; Crugnola, 1984; Pilote *et al.*, 1984; Dubé, 1985 et Dubé *et al.*, 1987). Toutefois, aucun travail à l'échelle régionale permettant de synthétiser l'ensemble des données acquises sur ce sujet n'a été élaboré jusqu'à présent.

## Buts

Le présent projet vise l'évaluation du potentiel aurifère du filon-couche de Bourbeau en se basant sur l'étude géologique des mines et des indices aurifères qui caractérisent le filon-couche. Ce travail permettra de formuler certains guides stratégiques et tactiques d'exploration aux échelles régionale et locale.

## Localisation

Le cadre de cette étude se situe dans la région de Chibougamau-Chapais à quelque 600 km au nord de Montréal. La région de Chibougamau-Chapais fait partie de la province du Supérieur (Stockwell, 1964) dont elle

forme l'extrémité orientale. La stratigraphie de cette région peut se résumer (figure 2) à un empilement de roches volcaniques (Groupe de Roy) sur lequel repose en discordance une séquence de roches volcano-sédimentaires (Groupe d'Opémisca). Le Groupe de Roy est composé de deux cycles volcaniques constitués chacun d'un membre mafique et d'un membre felsique. Les Formations d'Obatogamau (membre mafique) et de Waconichi (membre felsique) forment le premier cycle alors que les Formations de Gilman (membre mafique) et de Blondeau (membre felsique) constituent le deuxième cycle.

Les travaux que nous avons réalisés dans le cadre de ce projet concernent uniquement les roches du filon-couche de Bourbeau (figure 3). Le filon-couche de Bourbeau (Duquette, 1970) est localisé au sommet d'un complexe mafique-ultramafique (Complexe de Cummings) constitué de trois filons-couches (Roberge, Ventures et Bourbeau) mis en place dans la Formation de Blondeau (Groupe de Roy). Le Complexe de Cummings est actuellement reconnu sur une étendue d'au moins 100 km du Front du Grenville jusqu'au canton de Dolomieu (Gobeil & Racicot, 1983). L'épaisseur moyenne de chacun des filons-couches du Complexe de Cummings est de l'ordre de 400 m avec une épaisseur maximum de 1 000 m (Allard & Gobeil, 1984).

La stratigraphie régionale du filon-couche de Bourbeau a récemment été résumée par Allard & Gobeil (1984) à partir de leurs travaux et de ceux de Duquette (1976), Boudreault (1977) et Poitras (1984). Le filon-couche est constitué, de la base au sommet, d'une zone de trempe de composition gabbroïque, d'une unité de pyroxénite-péridotite, d'une unité de leucogabbro, d'une unité de ferrodiorite à quartz et finalement, au sommet, d'une unité de granophyre sodique.

## Méthodologie

L'objectif de ce travail sera atteint de trois façons distinctes :

- caractérisation pétrologique, pétrographique et pétrochimique du filon-couche de Bourbeau dans des secteurs non minéralisés;
- caractérisation des minéralisations aurifères trouvées dans le filon-couche de Bourbeau grâce à l'étude des mines Cooke et Norbeau de même que de certains autres indices aurifères connus;
- modélisation de la mise en place de la minéralisation aurifère dans le filon-couche de Bourbeau et formulation de guides d'exploration.

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet se sont échelonnés sur une période de deux ans, de juin 1985 à mai 1987. À ce jour nous avons réalisé trois rapports. Il s'agit d'abord d'un rapport préliminaire (Dubé & Guha, 1986a)

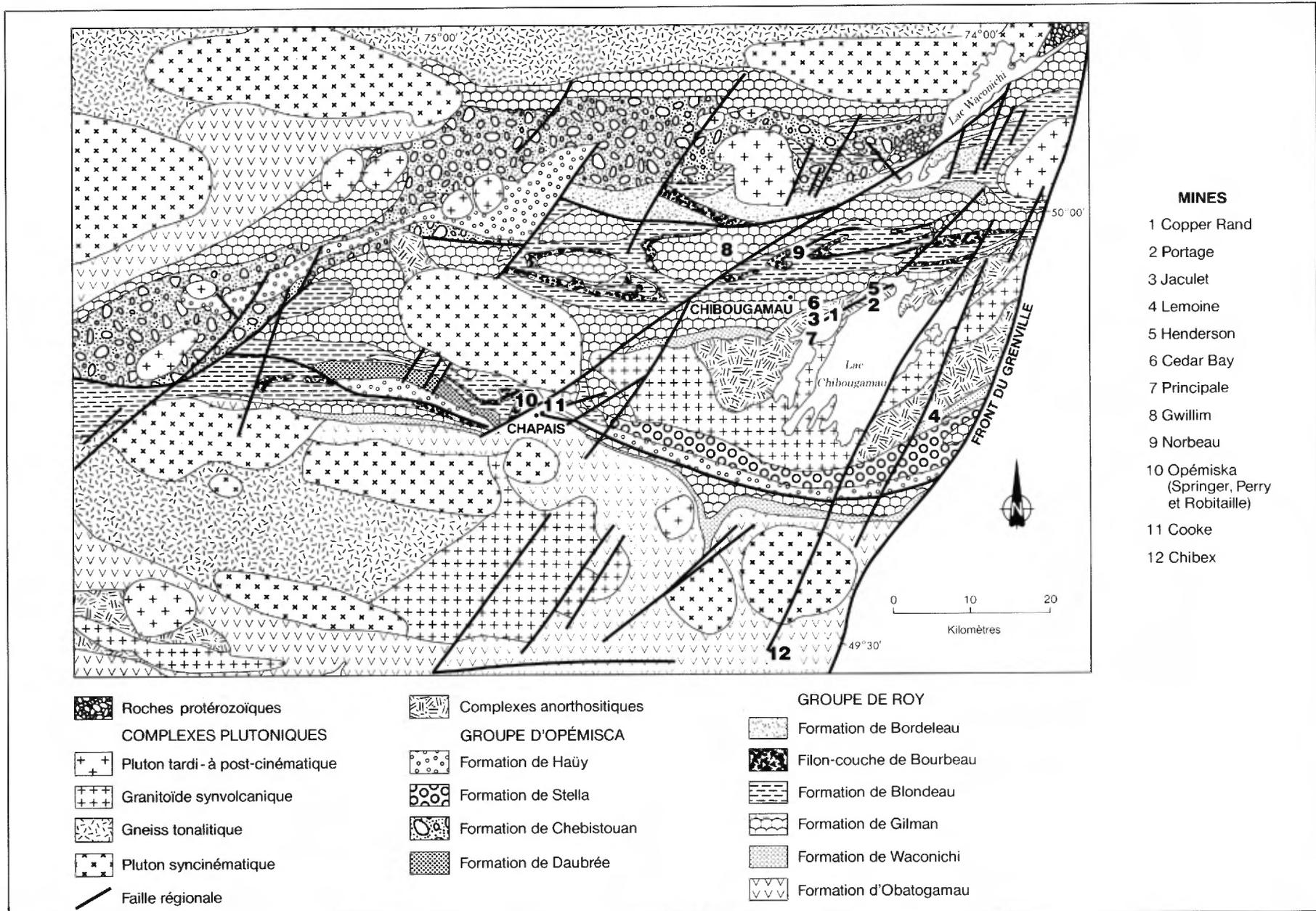


FIGURE 1 — Localisation des mines de la région de Chibougamau-Chapais. Modifiée d'après Gobeil & Racicot (1983) et Dimroth *et al.* (1985).

**TABLEAU 1 — Production minière du district de Chibougamau**

Nom	Années de production	Production en milliers de tonnes courtes	Teneurs des métaux produits				Réserves en tonnes courtes	Type de minéralisation	Roche hôte
			Cu (%)	Zn (%)	Au (g/t)	Ag (g/t)			
<b>Mines Northgate Patino</b>									
1. Copper Rand*	depuis 1960	11 381	1,89	-	2,39	7,50	5 014 803 <sup>(1)</sup>	filonien	Complexe du Lac Doré
2. Portage*	depuis 1960	3 751	1,85	-	3,00	8,10	2 660 231 <sup>(1)</sup>	filonien	Complexe du Lac Doré
3. Jaculet	1960-1971	1 091	1,84	-	1,44	6,85	114 000	filonien	Complexe du Lac Doré
4. Lemoine	1974-1977 1975-1983	757	4,18	9,52	-	-	nil	volcanogène stratiforme	Formation de Waconichi
<b>Ressources Camchib Inc.</b>									
5. Henderson II* Henderson I*	depuis 1962 1959-1971	8 149	1,80	-	1,58	-	193 644 <sup>(2)</sup>	filonien	Complexe du Lac Doré
6. Cedar Bay*	depuis 1957	3 643	1,67*	-	3,16	-	183 214 <sup>(2)</sup>	filonien	Complexe du Lac Doré
7. Principale	1955-1975 1979-1981	4 841	1,82	-	1,15	-	nil	filonien	Complexe du Lac Doré
8. Gwillim	1980-1983	228	-	-	4,81	5,08	N.D.	filonien	Formation de Gilman
<b>Norbeau Mines Ltd</b>									
9. Norbeau	1964-1969	419	-	-	13,16	1,64	110 000 <sup>(A)</sup>	filonien	filon-couche de Bourbeau
<b>Corporation Falconbridge Copper</b>									
10. Springer*	depuis 1954	11 963	2,61	-	1,09	-	462 098 <sup>(1)</sup>	filonien	filon-couche de Ventures
Perry	1966-1983	8 556	2,21	-	0,07	-	909 000	filonien	filon-couche de Ventures
Robitaille	1969-1972	188	2,04	-	0,53	11,21	nil	filonien	filon-couche de Ventures
11. Cooke*	depuis 1976	1 738	0,68	-	5,25	10,00	209 425 <sup>(1)</sup>	filonien	filon-couche de Bourbeau
12. Lac Shortt*	depuis 1984	770	-	-	5,46	-	1 841 200 <sup>(1)</sup>	filonien	volcaniques mafiques du Groupe de Roy et pluton syénitique
<b>Mines d'or du Lac Bachelor</b>									
13. Lac Bachelor*	depuis 1982	648	-	-	5,22	-	569 000 <sup>(1)</sup>	filonien	basaltes et pyroclastites felsiques du Groupe de Roy et pluton O'Brien
<b>Ressources du Lac Meston</b>									
14. Chibex (Joe Mann)	1956-1960 1974-1975	762	0,48	-	6,86	4,87	800 000 <sup>(B)</sup>	filonien	Formation d'Obatogamau

Sources : Laverigne (1985) et Gobeil & Racicot (1983 et 1984)  
 \* Statistiques du MER, bureau de Chibougamau (05-02-87)  
 A - Malouf (1984)  
 B - Finance (02-02-87)

(1) - Réserves en date du 01-01-86  
 (2) - Réserves en date du 01-04-86  
 N.D. - Données non disponibles

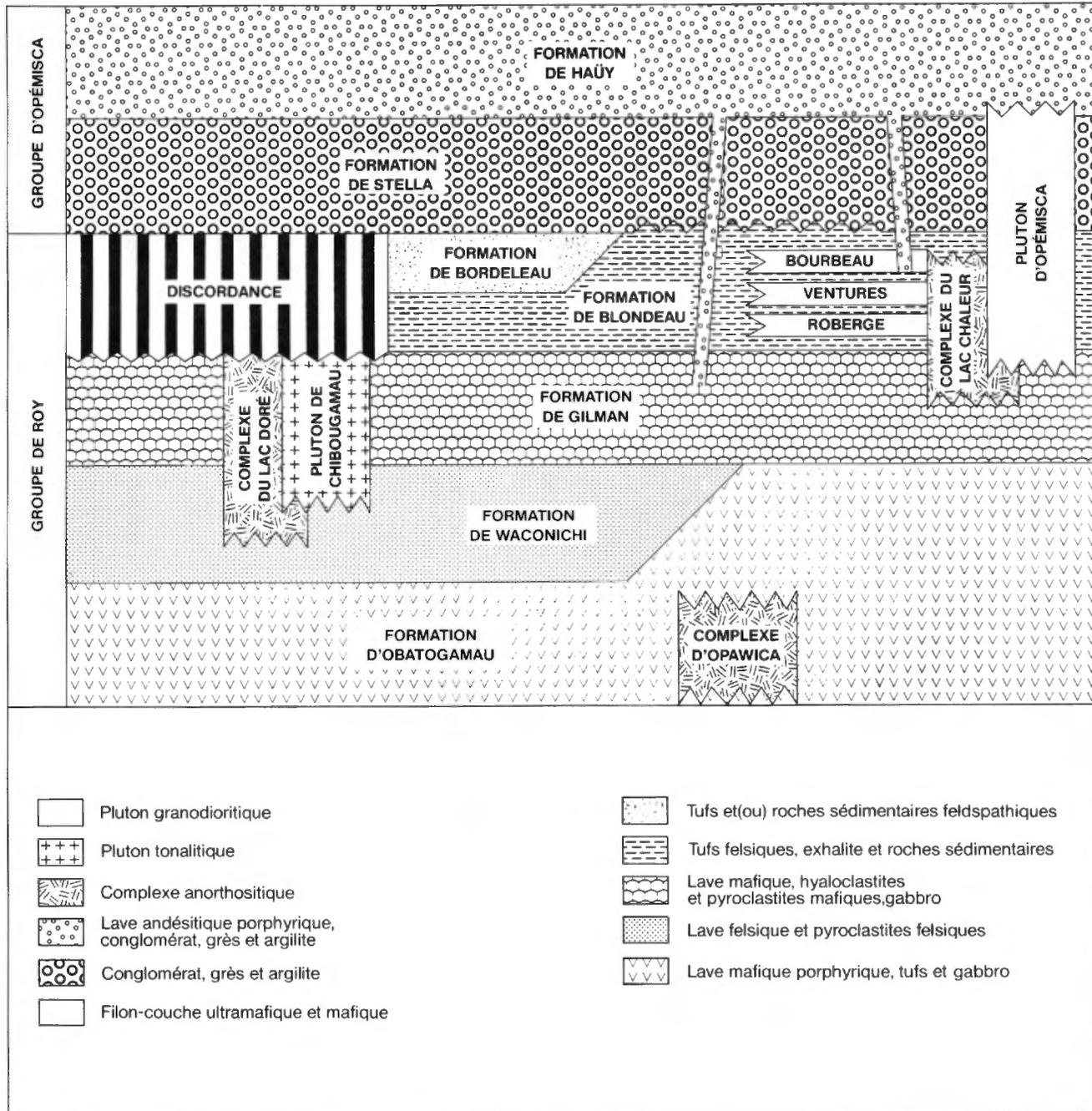


FIGURE 2 — Schéma stratigraphique de la région de Chibougamau. Modifié d'après Gobeil & Racicot (1983).

traitant de la stratigraphie régionale du filon-couche de Bourbeau; ce rapport comprend un levé détaillé de la mine Cooke et le résultat de travaux préliminaires à la mine Norbeau. Le second rapport est un rapport d'étape traitant particulièrement de l'étude régionale du filon-couche de Bourbeau et de la géologie de la mine Cooke (Dubé & Guha, 1986b). Finalement, le troisième rapport est un rapport préliminaire décrivant succinctement les différents indices aurifères que nous avons étudiés à l'été 1986 (Dubé & Guha, 1987). Le présent rapport est un rapport synthétique et final englobant l'ensemble des travaux que nous avons effectués dans le cadre du projet Bourbeau.

## Remerciements

Nous remercions sincèrement les responsables et les géologues de la compagnie Falconbridge Copper Ltée, division Opémiska, et de la compagnie Explorations Falconbridge Ltée à Chapais (maintenant Minnova inc.), pour la très grande collaboration et les nombreuses discussions accordées lors de nos travaux à la mine Cooke et aux indices aurifères. Nos remerciements s'adressent également aux compagnies Northgate Ltée, Norbeau Mines et à M. David Malouf de la compagnie Consolidated Copper Lode Development Inc. pour nous avoir

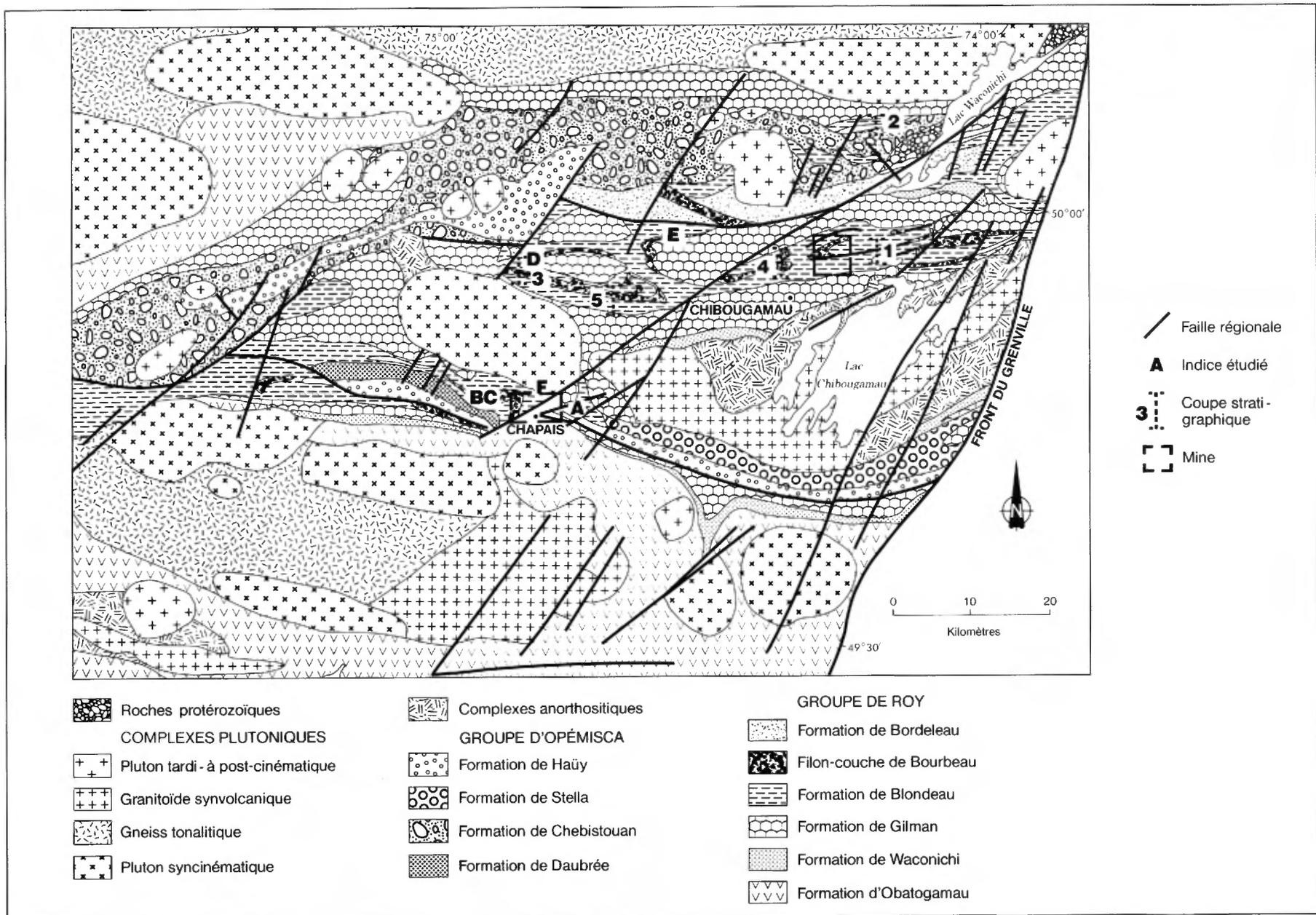


FIGURE 3 — Géologie simplifiée de la région de Chibougamau-Chapais et localisation des secteurs étudiés. Modifiée d'après Gobeil & Racicot (1983) et Dimroth *et al.* (1985).

permis l'accès à la mine Norbeau et pour leur excellente collaboration. Finalement, nous voudrions également remercier la compagnie Explorations Noranda Ltée pour le support accordé dans le cadre de nos travaux sur l'indice Tadd.

Nous tenons également à souligner la qualité des encadrements scientifique et logistique fournis par le MER par l'entremise d'Alain Simard, Kamal Sharma, Réal Daigneault, André Gobeil et Gilles O. Allard.

Les auteurs aimeraient remercier tout particulièrement messieurs Harold Brisson (assistant sénior, été

1985), Yves Michaud (assistant sénior, été 1986) et Yves Savard (assistant junior, été 1986), pour la qualité du travail qu'ils ont effectué, de même que messieurs Guy Archambault, Edward H. Chown, Jean Bélanger, Gérard Woussen et Paul Archer de l'Université du Québec à Chicoutimi, pour leur apport scientifique. Finalement, nous devons souligner l'excellent travail technique effectué par Claude Dallaire, du Centre d'études sur les ressources minérales, dans la réalisation des figures.

# Étude du filon-couche de Bourbeau

## Introduction

Nous avons réalisé des coupes stratigraphiques dans des secteurs éloignés des sites minéralisés afin de préciser, aux échelles régionale et locale, les caractéristiques pétrologiques, pétrographiques et lithogéochimiques du filon-couche de Bourbeau. Cette étape sera également très importante lorsque nous étudierons les transformations minéralogiques et chimiques subies par le filon-couche de Bourbeau lorsqu'il a été soumis au métasomatisme associé à la minéralisation aurifère. De plus, ce travail permettra de synthétiser, à l'échelle régionale, l'ensemble des données acquises sur ce filon-couche et d'uniformiser la nomenclature.

## Pétrographie

L'étude pétrographique réalisée est basée sur les coupes stratigraphiques effectuées dans les cantons de Roy

(figure 3, coupe 1), de Richardson (figure 3, coupe 2) et de Cuvier (figure 3, coupe 3). Nous avons également utilisé certains échantillons ayant servi à la préparation du mémoire de maîtrise de Poitras (1984) portant sur le secteur de Cuvier-Barlow (figure 3, coupe 4). La figure 4 présente, à l'aide de colonnes stratigraphiques, la succession et l'épaisseur des différents faciès de chacun de ces secteurs. L'épaisseur de ces faciès varie d'un secteur à l'autre en fonction de conditions primaires (paléotopographie, niveau et conditions de fractionnement) et secondaires (plissements). Toutefois, selon les coupes stratigraphiques présentées à la figure 4, le faciès pyroxénitique mesurerait environ 20 m, l'épaisseur du leucogabbro serait d'environ 175 m, celle du ferrogabbro à quartz d'environ 240 m et enfin la puissance du faciès ferrodioritique serait de l'ordre de 100 m lorsque cette unité est présente. Le faciès granophyrique n'a pas été observé dans les secteurs étudiés.

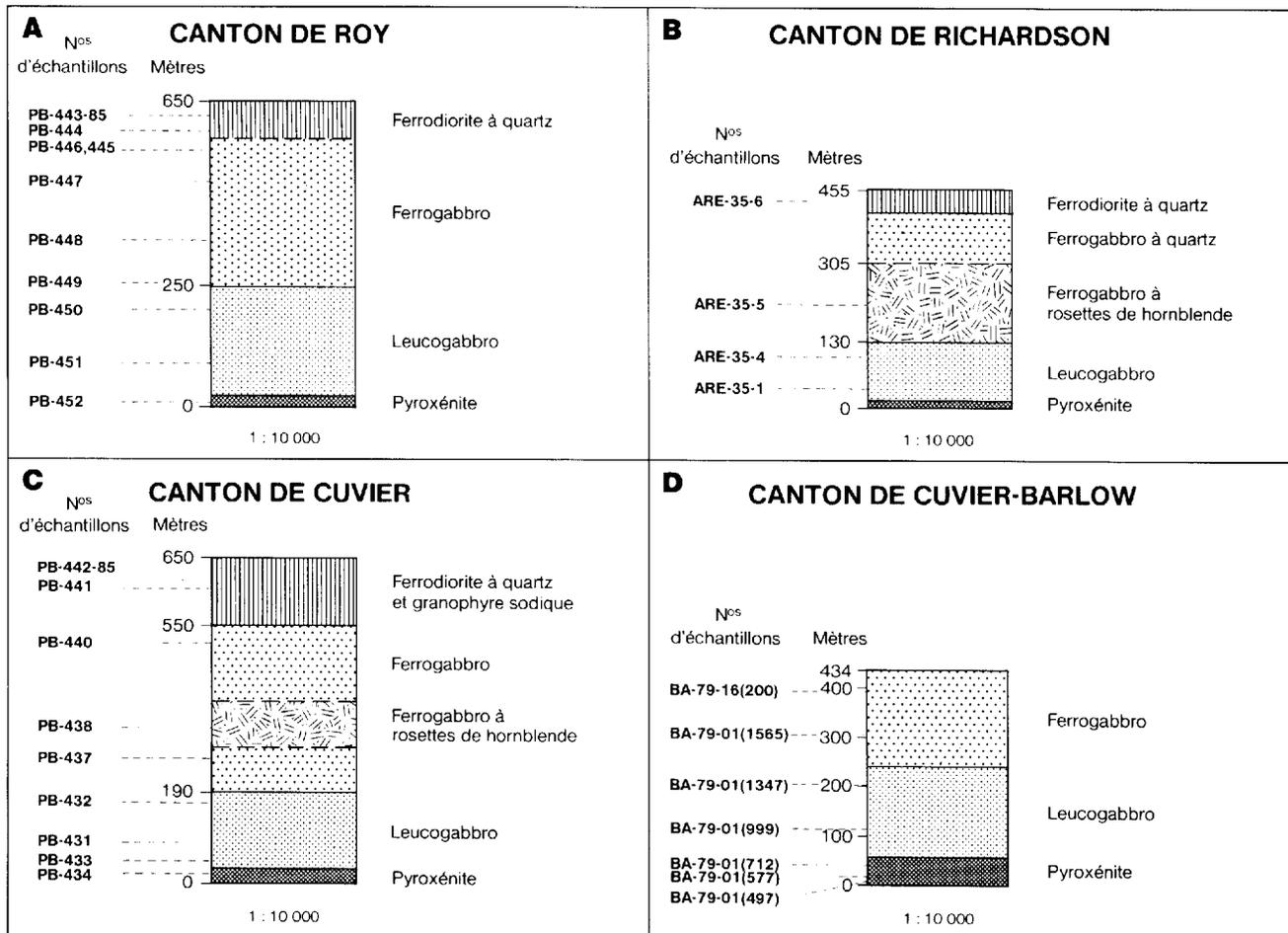


FIGURE 4 — Stratigraphie du filon-couche de Bourbeau dans les différents secteurs étudiés. La coupe D est modifiée de Poitras (1984).

Les roches étudiées ont, de façon générale, subi peu de déformations et sont affectées par un métamorphisme régional de type schistes verts qui a engendré une saussuritisation des plagioclases et une ouralitiséation des pyroxènes. Le lecteur voudra bien noter que la nomenclature lithologique utilisée dans le présent rapport est basée sur des critères mégascopiques (couleur, composition, etc.) et texturaux (ophitique, rosettes, etc.) des échantillons. Les termes leucogabbro, ferrogabbro à quartz et ferrodiorite à quartz ne correspondent donc pas de façon *sensu stricto* à la définition de Streckeisen (1976). Toutefois, nous croyons que ces appellations traduisent très bien l'aspect mégascopique de l'ensemble des roches des différents faciès et rend plus facile la cartographie du filon-couche. Ces appellations réfèrent donc à des termes de terrain dont l'usage est très répandu plutôt qu'à la classification de Streckeisen (1976).

Nous présentons maintenant le sommaire des observations pétrographiques réalisées à partir de 31 lames minces étudiées.

### PYROXÉNITE (PÉRIDOTITE)

La pyroxénite est une roche de patine brun-noir à rouille et de cassure verte à noire. Elle est massive, homogène et non magnétique. Sa texture est panidiomorphique ou mésocumulus dans le secteur de Cuvier-Barlow. La pyroxénite est constituée (annexe I, tableau A) de 65 à 94% d'augite, de 2 à 20% d'orthopyroxène, de 0 à 13% de plagioclase et de 0 à 7% d'oxyde de fer.

Les clinopyroxènes se présentent en cristaux idiomorphes de 1 à 3 mm, partiellement remplacés (Cuvier) ou, plus souvent, totalement remplacés par la hornblende verte et la trémolite-actinote. Les orthopyroxènes (enstatite-bronzite) se présentent en cristaux de 1,5 à 4 mm (Roy et Cuvier-Barlow) ou en phénocristaux de 3 à 8 mm (Cuvier). Il s'agit généralement de pseudomorphes constitués de bastite (variété de serpentine) et de chlorite. Des plagioclases sont présents dans la pyroxénite du canton de Cuvier et au sommet du faciès pyroxénitique de la coupe Cuvier-Barlow. Ils forment des cristaux de 0,5 à 1 mm, totalement saussuritisés. Enfin, les oxydes de fer se présentent en grains d'environ 0,3 mm, partiellement (Cuvier et Cuvier-Barlow) ou totalement remplacés par le leucoxène.

Dans la coupe Cuvier-Barlow, nous avons également constaté la présence d'une zone de péridotite (wherlité) à environ 30 m de la base [(BA 79-01(577)]; son extension demeure inconnue. La péridotite possède une texture mésocumulus. Elle est constituée de 80% d'olivine idiomorphe d'environ 1 mm de diamètre. La péridotite contient également 7% de clinopyroxène ouralitisé et 2% d'oxydes de fer. Les autres constituants sont la chlorite, l'amphibole et la serpentine.

### LEUCOGABBRO

Le leucogabbro est une roche de patine et de cassure blanches tachetées de vert. Il possède une texture subophitique et localement porphyrique (Richardson et Cuvier). Le leucogabbro est principalement constitué (annexe I,

tableau B) de 20 à 62% de clinopyroxène (augite), de 0 à 15% d'orthopyroxène (sauf dans Richardson) et de 31 à 65% de plagioclase. Ces variations s'expliquent du fait qu'à la base de ce faciès la proportion de plagioclase est d'environ 30% et celle des pyroxènes d'environ 60%, alors qu'au sommet elle est respectivement de 65% et 30%. Le leucogabbro contient également des oxydes de fer (2%) et une faible proportion de quartz est observée localement dans les échantillons du sommet du faciès.

L'augite forme des cristaux de 1 à 2 mm de diamètre partiellement (Cuvier) ou totalement remplacés par de la hornblende verte et de la trémolite-actinote. Les orthopyroxènes se présentent en phénocristaux de 2 à 8 mm. Il s'agit de pseudomorphes constitués de bastite, de chlorite magnésienne et de rutilé disséminés. Les plagioclases forment des cristaux idiomorphes de 0,5 à 1 mm de longueur, totalement saussuritisés. Les oxydes de fer se présentent en cristaux pouvant atteindre 0,5 mm de diamètre et sont partiellement ou totalement remplacés par le leucoxène.

### FERROGABBRO À QUARTZ

Le ferrogabbro à quartz est une roche de patine et de cassure vertes. Il est massif et non magnétique. Il possède une texture panidiomorphique ou subophitique (Cuvier-Barlow). Toutefois, il possède localement une texture en rosettes constituée de phénocristaux aciculaires dendritiques de hornblende. Cette texture a été observée dans les cantons de Richardson, de Cuvier, de McKenzie (Dubé & Guha, 1986a) et de Barlow (Dubé, 1985). Le ferrogabbro à quartz est constitué (annexe I, tableau C) de 5 à 50% de clinopyroxène (augite), de 40 à 73% de plagioclase, de 2 à 10% de titanomagnétite, de 1 à 10% de quartz et, localement, d'une faible proportion d'intercroissances granophyriques. De la base au sommet (annexe I, tableau C), la proportion d'augite diminue tandis que celle du plagioclase augmente. De plus, près du sommet, on observe localement (canton de Roy) des zones lenticulaires (métriques) de gabbro pegmatitique, principalement constituées de plagioclase et de quartz (PB-446-85).

Les clinopyroxènes ont en moyenne 1 à 2 mm de diamètre. Toutefois, ils peuvent atteindre 1 cm lorsqu'ils forment des rosettes. Les clinopyroxènes sont fortement (Cuvier) ou totalement remplacés par de la hornblende verte et de la chlorite (localement). Des reliques d'augite ont été observées à l'intérieur des cristaux aciculaires de hornblende. Ils indiquent que les rosettes sont formées par des pyroxènes ouralitisés en hornblende. Les plagioclases (bâtonnets idiomorphes de 0,5 à 2 mm de diamètre) ne sont généralement que partiellement saussuritisés. Les titanomagnétites forment des grains de 0,5 à 1 mm contenant des lamelles d'exsolution d'ilménite. Elles sont partiellement ou totalement remplacées par des leucoxènes.

### FERRODIORITE À QUARTZ — FERRODIORITE GRANOPHYRIQUE

La ferrodiorite est une roche à patine blanchâtre et à cassure gris-vert. Sa texture est hypidiomorphique. Elle

est constituée (annexe I, tableau D) de 43 à 63% d'albite-oligoclase, de 0 à 35% de pyroxène-amphibole, de 7 à 12% de titanomagnétite, de 8 à 15% de quartz et de 3 à 5% d'intercroissances granophyriques (figure 5).

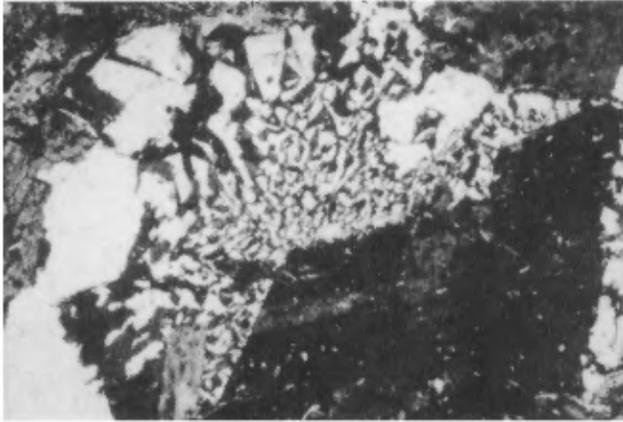


FIGURE 5 — Photomicrographie d'une intercroissance granophyrique observée dans le faciès ferrodioritique localisé dans le canton de Cuvier (lumière transmise et nicols croisés). Largeur de la photo : 0,65 mm.

Les albites-oligoclases se présentent en cristaux de 1 à 3 mm, non saussuritisés mais plutôt partiellement remplacés par de la chlorite, de la calcite, de la damourite et de l'épidote. Les pyroxènes-amphiboles (cristaux de 1 mm de diamètre) sont totalement pseudomorphosés par de la hornblende verte. L'absence de reliques du minéral primaire empêche de déterminer avec certitude s'il s'agit d'un pyroxène ou d'une amphibole. Les grains de titanomagnétite (0,5 mm) contiennent des lamelles d'exsolution d'ilménite et sont partiellement remplacés par du leucoxène. Le quartz et les intercroissances granophyriques forment des grains allotriomorphes de 0,5 à 1 mm.

## SOMMAIRE DE L'ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

L'étude pétrographique régionale réalisée sur le filon-couche de Bourbeau nous a permis de constater la présence, dans la pyroxénite et le leucogabbro, de deux types de pyroxène : un clinopyroxène (augite) et un orthopyroxène (enstatite-bronzite). L'orthopyroxène est peu abondant (5 à 20%) et il a été pseudomorphosé en bastite et parfois en trémolite-actinote et chlorite, ce qui rend impossible la détermination exacte de sa composition. Dans le leucogabbro, les phénocristaux d'orthopyroxènes entourent partiellement ou totalement les bâtonnets de plagioclases, produisant ainsi une texture ophitique bien développée.

Enfin, on peut résumer les principales caractéristiques pétrographiques en rappelant que dans tous les secteurs, l'apparition, à partir de la base, du plagioclase calcique marque le début du faciès leucogabbroïque, tandis que la présence d'environ 7% de titanomagnétite, de quartz et parfois de grands cristaux de hornblende disposés en rosettes (Cuvier, Richardson, McKenzie et Barlow) caractérise le faciès ferrogabbroïque. Enfin, le faciès ferro-

dioritique est caractérisé par l'abondance de quartz (11%) et la présence d'intercroissances granophyriques (5%).

## Pétrochimie régionale

### INTRODUCTION

L'évolution pétrochimique du filon-couche de Bourbeau a été étudiée ponctuellement par différents auteurs, notamment Duquette (1976 et 1982), Boudreault (1977), Bélanger (1979), Poitras (1984) et Dubé (1985). Nous avons voulu réaliser une étude pétrochimique régionale en utilisant les données lithogéochimiques provenant de secteurs non minéralisés. À ces données, nous avons ajouté des résultats récents (non publiés) obtenus par la compagnie Explorations Noranda ltée dans les cantons de Cuvier et de Richardson. Par cette démarche, nous voulons comparer les différents secteurs et établir les caractéristiques pétrochimiques primaires du filon-couche de Bourbeau à l'échelle régionale. Nous présentons donc, dans l'ordre, les diagrammes binaires de la silice ( $\text{SiO}_2$ ) et du fer ( $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en fonction du magnésium ( $\text{MgO}$ ) pour les roches provenant des cantons de Roy, Richardson, Cuvier et Cuvier-Barlow. Nous terminons cette section par une classification chimique à l'aide de diagrammes ternaires.

### DIAGRAMMES BINAIRES

Dans les diagrammes binaires nous avons choisi d'utiliser le magnésium ( $\text{MgO}$ ) comme indice de différenciation tel qu'il est recommandé par Wright (1974), puisque cet oxyde majeur présente un grand intervalle de variation dans la séquence basaltique. Nous avons choisi de présenter uniquement les diagrammes de  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  et  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{MgO}$  car nous croyons qu'ils sont les plus appropriés pour représenter l'évolution du filon-couche.

Les diagrammes A et B de la figure 6 montrent que les données provenant des différents cantons sont similaires. La silice ( $\text{SiO}_2$ ) (figure 6A) montre un enrichissement relativement constant à mesure que la proportion de  $\text{MgO}$  diminue. Toutefois, vers la fin du processus de différenciation, on observe un redressement de pente qui traduit une augmentation abrupte de la silice pour une faible diminution du magnésium. Ce phénomène coïncide avec la formation des ferrodiorites et explique la présence du quartz et des intercroissances granophyriques observés dans ce faciès. La figure 6B illustre l'évolution du fer en fonction du magnésium. On constate d'abord une diminution du contenu en fer de la pyroxénite-péridotite évoluant vers le leucogabbro. Par la suite, une forte augmentation du contenu en fer coïncide avec la formation du ferrogabbro à quartz et de la ferrodiorite à quartz. Cet enrichissement témoigne de la cristallisation des titanomagnétites observées principalement dans ces deux faciès. Le comportement du fer dans cette évolution magmatique est caractéristique des séries tholéitiques. En effet, un enrichissement important en fer (*Fenner trend*) dans les termes intermédiaires est considéré comme une particularité de la série tholéitique.

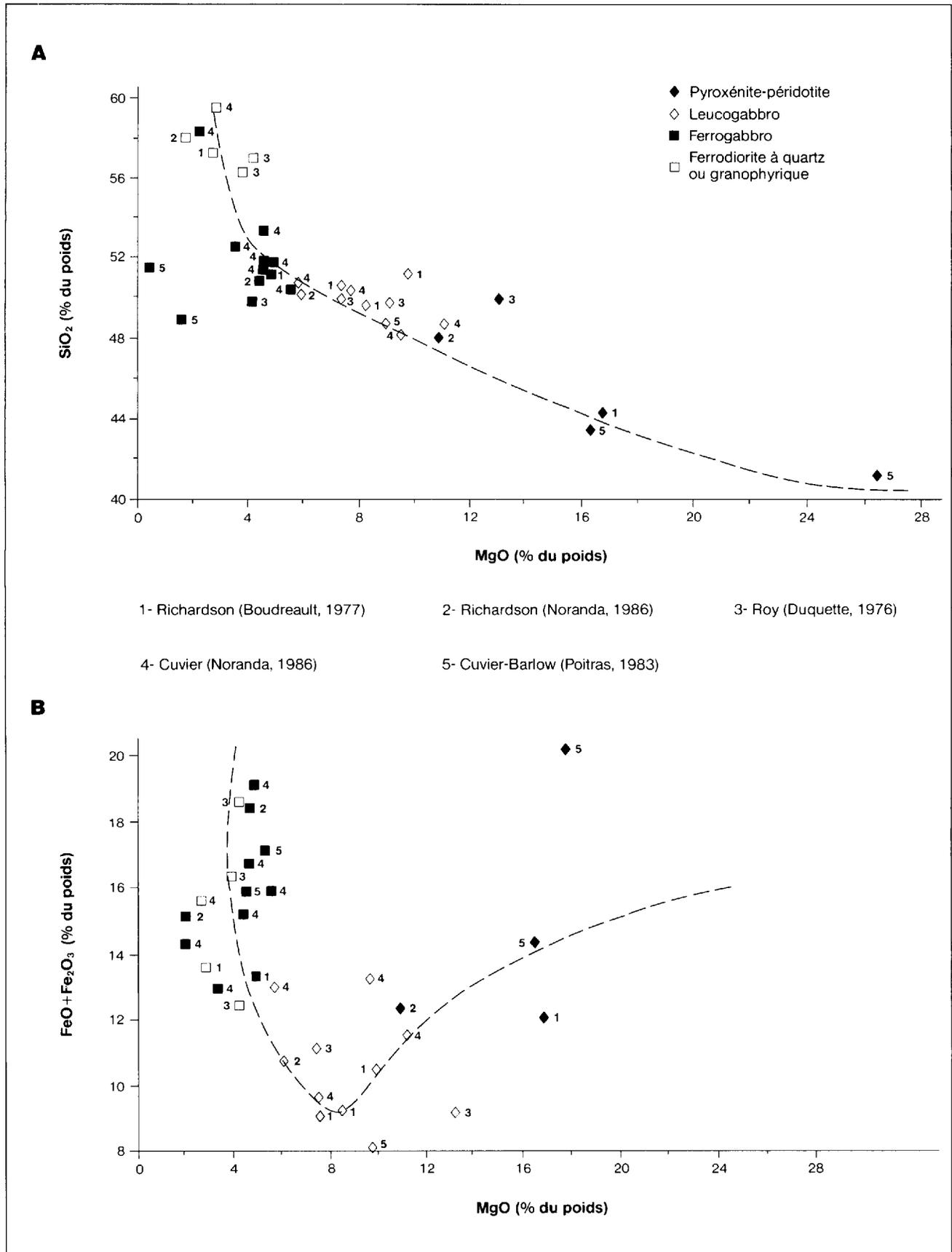


FIGURE 6 — Diagrammes binaires utilisant SiO<sub>2</sub>/MgO (A) et (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/MgO (B) comme indices de différenciation et montrant l'évolution chimique régionale du filon-couche de Bourbeau.

## CLASSIFICATION CHIMIQUE

Portées sur le diagramme AFM (figure 7A), les données lithogéochimiques montrent que chaque faciès est représenté par un champ distinct; on constate une évolution chimique caractérisée par un enrichissement en fer typique des séries tholéitiques. Dans le but de préciser ce caractère tholéitique, nous avons utilisé le diagramme de Jensen (1976) (figure 7B). On observe de nouveau, à l'aide de ce diagramme, la présence de champs bien distincts pour chacun des faciès et une évolution chimique typique des magmas tholéitiques. De plus, le diagramme de Jensen (1976) permet de bien distinguer pétrochimiquement les différents faciès observés mégascopiquement et pétrographiquement. En effet, le contenu en magnésium permet de distinguer facilement les pyroxénites tandis que le leucogabbro diffère du ferrogabbro et de la ferrodiorite par son contenu en fer nettement plus faible. Il est toutefois difficile de différencier à l'aide de ce diagramme le ferrogabbro de la ferrodiorite. Pour ce faire, le diagramme binaire de la silice en fonction du magnésium semble plus adéquat.

## Sommaire de l'étude régionale

L'étude régionale que nous avons réalisée permet d'uniformiser la nomenclature du filon-couche et d'utiliser dans sa description les faciès suivants, de la base au sommet : une pyroxénite-péridotite, un leucogabbro, un ferrogabbro à quartz contenant régulièrement des zones de ferrogabbro à rosettes de hornblende et, au sommet, une ferrodiorite à quartz et des intercroissances granophyriques. Localement, toutefois, une unité de granophyre sodique, reconnue par Allard & Gobeil (1984) et Dubé (1985) et caractérisée par l'abondance d'intercroissances granophyriques, peut être observée comme résultat ultime de la différenciation magmatique. L'étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau effectuée à l'échelle régionale montre que chaque faciès est défini par un champ distinct et que tous les échantillons étudiés sont comagmatiques et appartiennent à la série tholéitique. De plus, cette évolution pétrochimique traduit parfaitement les différents faciès pétrologiques précédemment décrits et justifie leur dénomination de terrain.

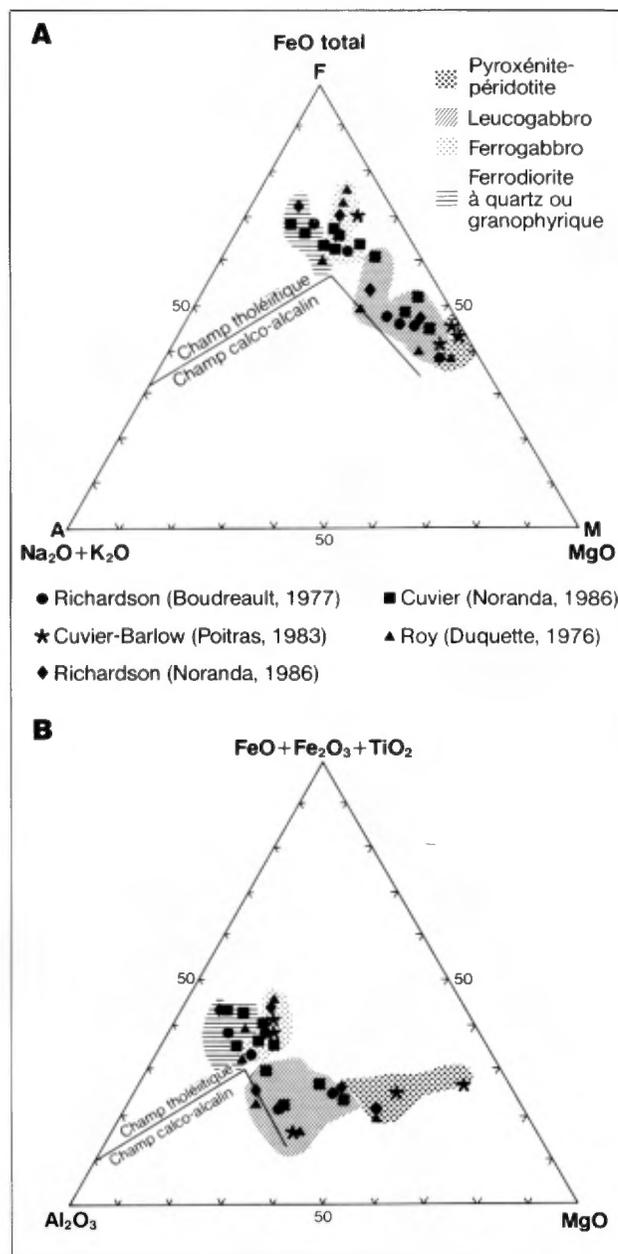


FIGURE 7 — Diagramme AFM (A) et diagramme de Jensen (B) montrant l'évolution chimique régionale du filon-couche de Bourbeau. La courbe du diagramme AFM est selon Irvine & Baragar (1971).



---

# Mine Cooke

---

## Introduction

La mine Cooke est localisée dans le canton de Lévy (feuille SNRC 32 G/15) à environ 2,5 km au nord-est de la ville de Chapais (figure 8). Il s'agit d'une mine d'or et de cuivre exploitée par Minnova inc. (anciennement Corporation Falconbridge Copper), division Opémiska, à Chapais, propriétaire de trois autres mines dans la région : Springer, Perry et Robitaille, qui ont eu une part importante dans la production de cuivre du Québec au cours des trente dernières années (figure 1 et tableau 1). À Chapais, les quatre mines de Minnova sont comprises à l'intérieur d'une superficie de moins de 6 km<sup>2</sup>; actuellement seules les mines Cooke et Springer sont en exploitation.

## Perspective historique

La découverte de la mine Cooke, qui remonte à 1968, fut faite à la suite d'une campagne d'exploration basée sur des levés géophysiques d'électromagnétisme (E.M. et Turam). La mine a amorcé sa production en 1977 et, depuis son ouverture, un peu plus de 1 730 000 tonnes de minerai ont été extraites. Les teneurs moyennes exploitées sont de 0,68% de cuivre et de 5,25 g/t d'or. Les réserves en date du 1<sup>er</sup> janvier 1986 étaient de 209 425 tonnes à 0,8% de cuivre et 4,66 g/t d'or (tableau 1).

## Géologie régionale

L'environnement géologique de la mine Cooke est constitué de laves mafiques coussinées qui appartiennent à la Formation de Gilman (figure 1). Cette formation est recouverte par les roches felsiques (laves, tufs et volcanoclastites) de la Formation de Blondeau. Les filons-couches mafiques-ultramafiques de Ventures et de Bourbeau se sont mis en place dans la Formation de Blondeau et couvrent la majeure partie du secteur. Enfin, dans la partie nord, on note la présence du pluton granodioritique d'Opémisca qui recoupe l'ensemble des unités précitées.

La complexité de la géologie de la région réside dans la structure de l'empilement. D'après Lavoie (1972), l'ensemble des unités lithologiques a d'abord subi une compression N-S qui a plissé et renversé les strates, engendrant ainsi un synclinal majeur de direction E-W (synclinal de Chapais). Elles ont, simultanément ou par la suite, été replissées pour former un synforme anticlinal au sud et un antiforme synclinal au nord. Enfin, ces structures ont été recoupées par la faille du lac Gwillim, une cassure régionale d'orientation NE-SW, à rejet oblique senestre (Dimroth *et al.*, 1984c). D'autres réseaux de failles de moins grande amplitude sont également observés dans le secteur : au nord-ouest de la faille du lac Gwillim, deux systèmes de failles dominant, soit des failles de direction E-W,

à pendage vers le S et vers le N, qui contrôlent en partie la minéralisation à la mine Springer, et un deuxième réseau de failles d'orientation NW-SE, à rejet dextre d'environ 150 m (Salmon *et al.*, 1984). Du côté sud-est de la faille du lac Gwillim, on note principalement la faille Chibougamau Copper de direction ENE et à rejet oblique senestre, de l'ordre de quelques centaines de mètres. La mine Cooke est située entre la faille du lac Gwillim et la faille Chibougamau Copper (figure 8).

## Géologie locale

L'environnement géologique immédiat de la mine Cooke est relativement simple (figure 8). De la base au sommet, soit du nord vers le sud, on observe des volcanoclastites, des cherts et quelques coulées felsiques massives appartenant à la Formation de Blondeau (Bélanger *et al.*, 1984). Ces roches felsiques ont été envahies par le filon-couche de Bourbeau. Ce filon-couche gabbroïque différencié *in situ* a développé, dans ce secteur, au moins trois faciès pétrologiques qui sont de la base au sommet : une pyroxénite, un leucogabbro (appelé épidiorite à la mine Cooke) et un ferrogabbro à quartz (appelé gabbro à quartz à la mine Cooke). Afin de préciser les caractéristiques pétrographiques et l'évolution pétrochimique des différents faciès du filon-couche de Bourbeau dans le secteur de la mine Cooke, nous avons étudié les carottes provenant du forage S-589 (figure 9). Ce sondage recoupe les trois faciès du filon-couche de Bourbeau.

Nous présentons maintenant, dans l'ordre, les résultats de nos études pétrographique et lithogéochimique.

## Pétrographie des faciès du filon-couche de Bourbeau à la mine Cooke

### INTRODUCTION

Le forage S-589 (figure 9) recoupe totalement les faciès pyroxénitique et leucogabbroïque et une partie du faciès ferrogabbroïque. Nous avons étudié douze échantillons parmi les moins déformés et les moins altérés et nous présentons ici un sommaire de nos observations.

### PYROXÉNITE

La pyroxénite à la base du filon-couche possède une couleur vert foncé à noire en cassure fraîche. Elle est massive, non magnétique et sa texture est panidiomorphe. La pyroxénite est constituée (tableau 2) de 92% de clinopyroxène (augite), pseudomorphosé par de la hornblende basaltique et de la trémolite-actinote, de 1% d'oxydes de fer et titane partiellement remplacés (20 à 30%) par le leucoxène et de 7% de minéraux secondaires, en particulier de la chlorite magnésienne. Aucun phénocrystal

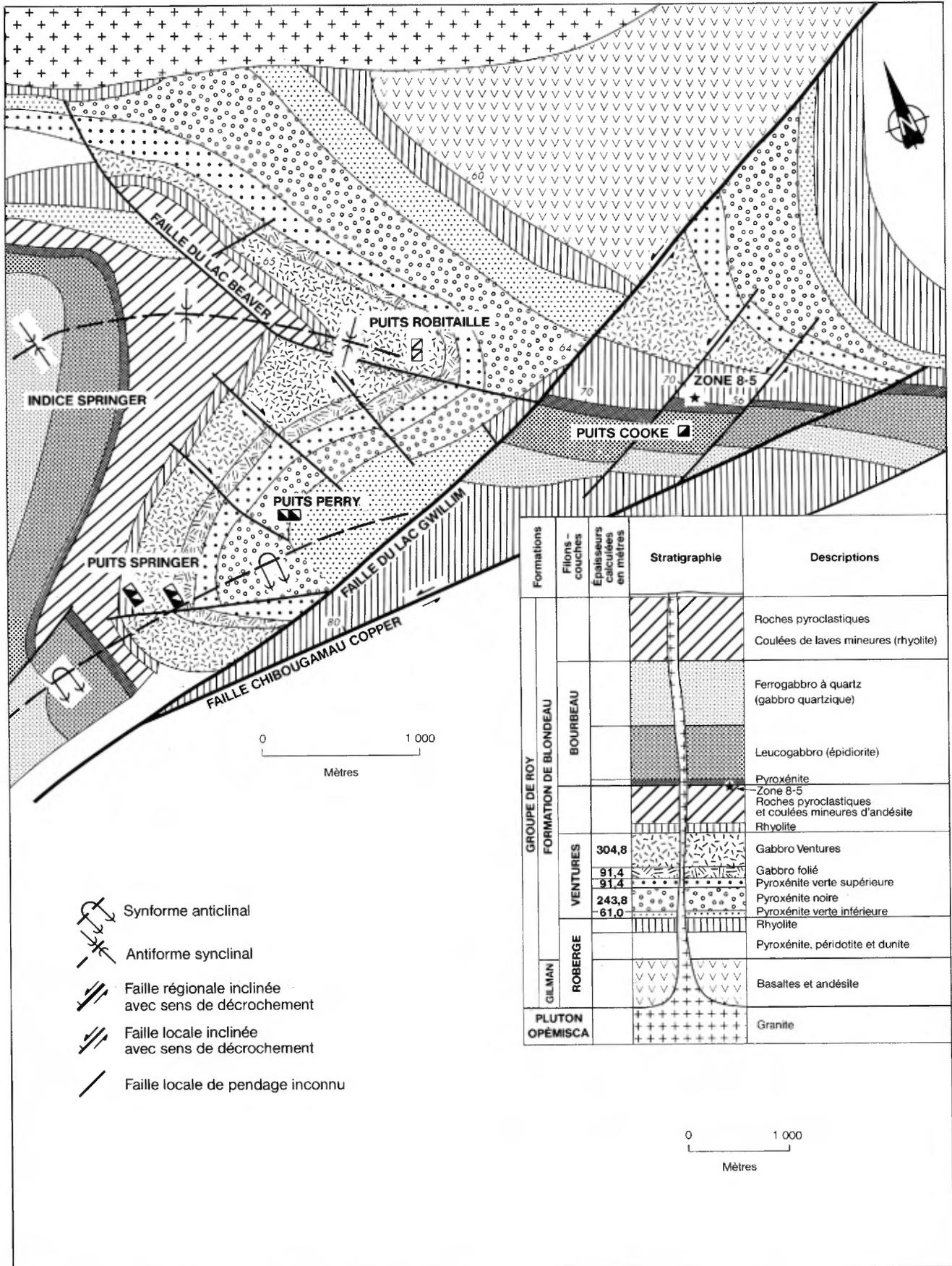


FIGURE 8 — Localisations géographique et géologique de la mine Cooke. Modifiée d'après Lavoie (1972) et Bélanger et al. (1984).

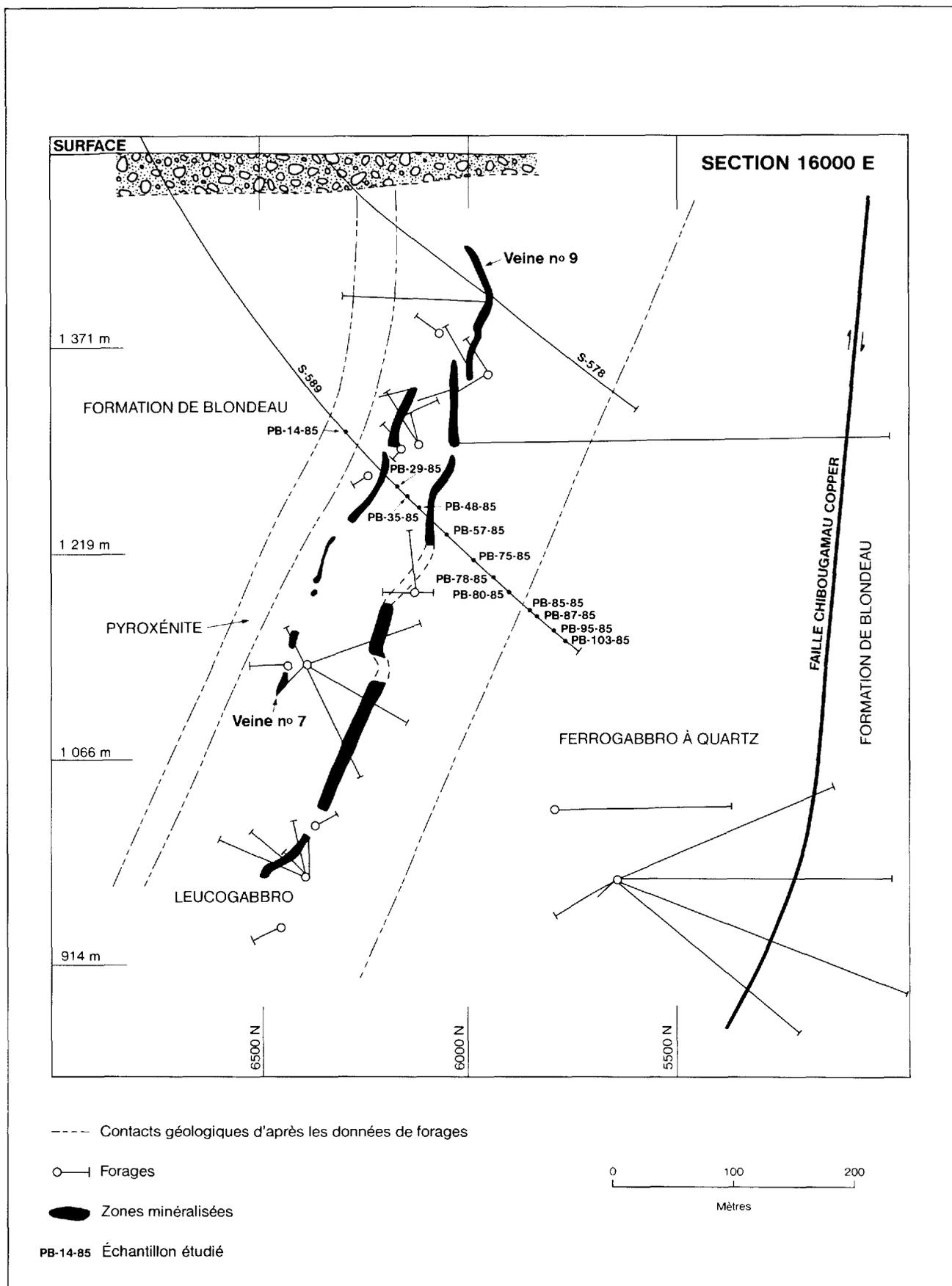


FIGURE 9 — Localisations géographique et géologique du forage S-589 et position des échantillons étudiés.

**TABLEAU 2 — Variation d'assemblages minéralogiques en fonction des faciès pétrologiques observés dans le forage S-589 de la mine Cooke**

N° d'échantillon	Profondeur (m)	Faciès pétrologique	Pyroxènes ouralitisés (%)	Plagioclases saussuritisés (%)	Oxydes de fer (%)	Quartz (%)	Intercroissances granophyriques (%)	Autres (chlorites et épidotes) (%)
PB-14-85	240,5	pyroxénite	92	-	1	-	-	7
PB-29-85	294,0	leucogabbro	64	35	1	-	-	-
PB-35-85	309,4	leucogabbro	55	43	2	-	-	-
PB-48-85	336,2	leucogabbro	35	64	2	-	-	-
PB-57-85	357,5	leucogabbro	48	50	2	-	-	-
PB-75-85	386,5	leucogabbro	40	58	2	-	-	-
PB-78-85	404,2	leucogabbro	35	62	3	-	-	-
PB-80-85	416,1	leucogabbro	35	62	3	-	-	-
PB-85-85	437,1	ferrogabbro	30	64	5	1	-	-
PB-87-85	440,4	ferrogabbro	30	64	5	1	-	-
PB-95-85	458,7	ferrogabbro	35	54	7	2	2	-
PB-103-85	470,3	ferrogabbro	35	50	8	6	1	-

d'orthopyroxène n'est présent; toutefois, Bélanger (1979) rapporte des pseudomorphes d'orthopyroxène (1%) transformés en bastite.

### LEUCOGABBRO

Le leucogabbro (épidiorite) constitue un faciès volumineux, sa puissance étant d'environ 200 m. Il s'agit d'une roche homogène de couleur blanche tachetée de vert. Nous avons étudié, dans le forage S-589 (figure 9), sept échantillons de ce faciès.

Le leucogabbro possède une texture ophitique. Il est constitué (tableau 2) de pyroxène et de plagioclase dont les proportions varient, de la base au sommet, de 64 à 35% pour le pyroxène et de 35 à 62% pour le plagioclase. On y observe également la présence d'en moyenne 2% d'oxydes de fer et de titane. Les pyroxènes se présentent principalement en cristaux idiomorphes de 1 à 3 mm; ce sont des augites partiellement ou plus souvent totalement ouralitisés par de la hornblende et de la trémolite-actinote. Vers le centre du faciès, on observe des phénocristaux (5%) d'orthopyroxène (3 à 8 mm) englobant le plagioclase et pseudomorphosés par l'actinote. Les plagioclases (bâtonnets idiomorphes d'environ 1 mm) sont fortement saussuritisés jusqu'à l'échantillon PB-57-85. Par la suite, la calcicité du plagioclase semble diminuer, car la saussurisation affecte principalement le coeur du cristal, alors que les bordures sont plutôt limpides et partiellement damouritisés. Leur composition varie alors de l'albite à l'oligoclase. Cette variation d'altération reflète une zonation du plagioclase. Les oxydes de fer et de titane sont imparfaitement cristallisés, ont des formes dendritiques variées, sont associés avec les minéraux ferromagnésiens et sont partiellement ou totalement remplacés par le leucoxène. On observe des lamelles d'oxyde en association symplectique avec les minéraux ferromagnésiens.

### FERROGABBRO À QUARTZ

Le ferrogabbro à quartz (localement appelé gabbro à quartz) est également un faciès imposant. Sa puissance moyenne est de l'ordre de 150 m. Mégascopiquement, il se distingue du leucogabbro par sa couleur noire tachetée de blanc, par la fréquence des yeux de quartz millimétriques et une plus grande abondance de leucoxène. Nous

avons étudié, dans le forage S-589, quatre échantillons localisés dans la partie inférieure de ce faciès.

Le ferrogabbro à quartz possède une texture intergranulaire et très localement subophitique. On y observe des cristaux aciculaires de plagioclases d'orientations diverses entre lesquels se situent des grains de pyroxènes. Mégascopiquement, l'aspect aciculaire des plagioclases et la texture intergranulaire du ferrogabbro à quartz semblent particuliers au secteur de la mine Cooke. Il est composé (tableau 2) d'environ 32% de clinopyroxène, de 58% de plagioclase, de 6% de titanomagnétite, de 1 à 6% de quartz et, localement, de 1 à 2% d'intercroissances granophyriques. Les clinopyroxènes forment des cristaux d'environ 1 à 3 mm, totalement ouralitisés par la hornblende verte et la trémolite-actinote. De plus, l'échantillon PB-103-85 présente des cristaux aciculaires de pyroxène ouralitisé pouvant atteindre 6 mm. Ces cristaux présentent beaucoup d'affinités avec ceux qui constituent la texture en rosettes observée régionalement. Les plagioclases forment des bâtonnets idiomorphes, aciculaires, de 1 à 3 mm de diamètre. Ces bâtonnets sont parfois alignés subparallèlement. La partie centrale des plagioclases est saussuritisée, tandis que les bordures sont plutôt limpides ou faiblement damouritisés (<5%). Leur composition varie alors de l'albite à l'oligoclase. Les titanomagnétites forment des grains grossiers de 0,5 à 1,5 mm. Ils sont en association symplectique et sont faiblement remplacés par le leucoxène (20%).

## Pétrochimie du filon-couche de Bourbeau dans le secteur de la mine Cooke

### INTRODUCTION

L'étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau réalisée à la mine Cooke est basée sur un levé lithogéochimique effectué par la compagnie Minnova (Boisvert, 1984). Ce levé consiste en deux sondages (U-13166 et U-13106) effectués au neuvième niveau de la mine et constituant une coupe continue à travers toute l'épaisseur du filon-couche (figure 10). Sur les 216 échantillons analysés pour le compte de la compagnie Minnova, nous en avons sélectionné 71. En effet, nous avons éliminé tous les échantillons associés aux zones aurifères et aux zones

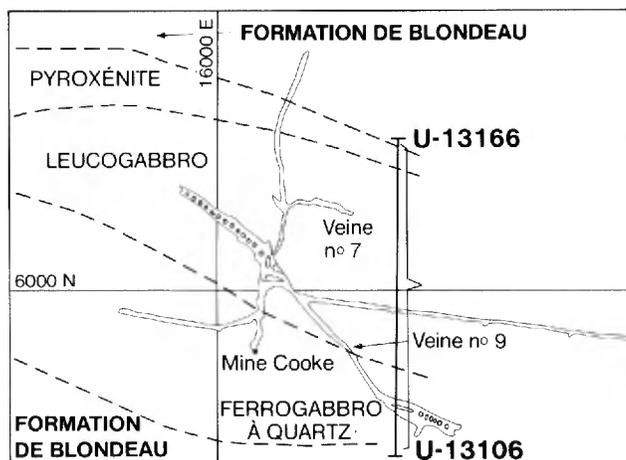


FIGURE 10 — Localisation des forages U-13166 et U-13106 à la mine Cooke.

de cisaillement. Par la suite, nous avons choisi les échantillons en fonction de l'épaisseur du faciès de façon à obtenir une image représentative et une information valable. Ainsi, nous avons retenu 5 échantillons du faciès pyroxénitique, 29 du faciès leucogabbroïque et 37 du faciès ferrogabbroïque. L'espacement entre les échantillons de chacun des faciès est respectivement de 1,5 m, de 3,0 m et de 3,0 à 12,2 m. Nous présentons maintenant, dans l'ordre, les diagrammes binaires et ternaires des éléments majeurs et mineurs.

La composition chimique moyenne des différents faciès du filon-couche de Bourbeau dans le secteur de la mine Cooke, calculée à partir des données lithogéochimiques, est présentée au tableau 3.

### DIAGRAMMES BINAIRES DES ÉLÉMENTS MAJEURS ET MINEURS

Comme dans le cas de l'étude régionale effectuée, nous avons utilisé le magnésium (MgO) comme indice de différenciation et nous avons choisi de présenter les diagrammes  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}/\text{MgO}$ ,  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})/\text{MgO}$  et  $\text{TiO}_2/\text{MgO}$ .

Les diagrammes binaires de la figure 11 montrent un enrichissement marqué en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et en CaO dans le leucogabbro, comparativement à la pyroxénite. Cet enrichissement s'accorde bien avec l'abondance de plagioclase calcique dans le faciès leucogabbroïque.  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  et  $\text{TiO}_2$  ont un comportement quasi identique. Il nous permettent de bien délimiter les différents faciès et confirment la cristallisation de la titanomagnétite observée lors de l'étude pétrographique dans le ferrogabbro. De plus, le comportement du fer est tout à fait caractéristique des séries tholéiitiques. Enfin, l'enrichissement marqué en  $\text{SiO}_2$ , pour de faibles diminutions de MgO dans le ferrogabbro, caractérise également les séries tholéiitiques et confirme la présence du quartz et des intercroissances granophyriques observées lors de l'étude pétrographique. Ces résultats sont tout à fait compara-

TABLEAU 3 — Composition chimique moyenne des différents faciès pétrologiques observés dans le filon-couche de Bourbeau à la mine Cooke. Calcul réalisé à partir des données de Boisvert (1984)

	Pyroxénite (nombre d'échantillons = 5)	Leucogabbro (nombre d'échantillons = 29)	Ferrogabbro (nombre d'échantillons = 36)
(% du poids)			
$\text{SiO}_2$	46,24	52,22	54,33
$\text{Al}_2\text{O}_3$	9,82	15,30	13,21
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,31	2,34	3,43
FeO	14,28	7,68	10,30
CaO	7,12	9,32	5,52
MgO	15,94	8,98	3,63
$\text{Na}_2\text{O}$	0,63	3,15	4,36
$\text{K}_2\text{O}$	0,07	0,67	0,47
$\text{TiO}_2$	0,81	0,83	1,93
MnO	0,25	0,23	0,40
$\text{P}_2\text{O}_5$	-	-	-
S	0,42	0,11	0,90
$\text{CO}_2$	1,64	0,81	1,01
Total	99,53	101,64	99,49
(ppm)			
Rb	45	38	37
Cr	1039	122	24
Ag	1,1	0,36	0,50
Au (ppb)	11,1	17	5,79
As	121	13	3,58
Te	0,35	0,34	0,33
Sb	0,5	0,54	0,33
Zn	71,6	33	38
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	0,11	0,21	0,11
$\text{SiO}_2/\text{CO}_2$	28,20	0,64	53,79
$\text{SiO}_2/(\text{CO}_2 + \text{S})$	22,56	56,76	28,45

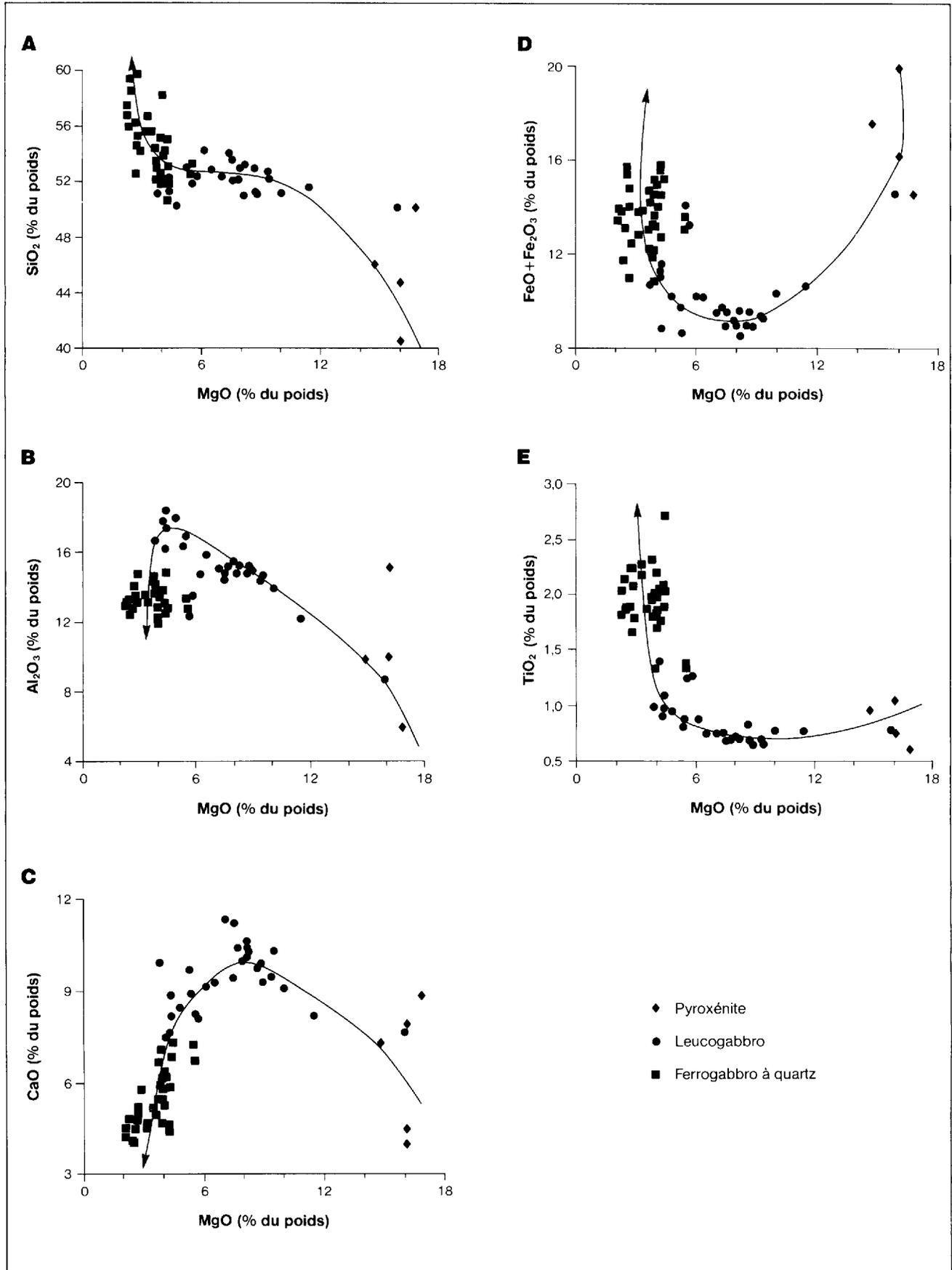


FIGURE 11 — Diagrammes binaires montrant l'évolution chimique du filon-couche de Bourbeau à la mine Cooke.

bles à ceux observés à l'échelle régionale (voir la section sur les diagrammes binaires du chapitre précédent).

### DIAGRAMMES BINAIRES ET TERNAIRES : CLASSIFICATION CHIMIQUE

En termes de classification chimique, l'utilisation du diagramme binaire  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$  (figure 12) indique une affinité subalcaline pour les roches du filon-couche. Le diagramme AFM (figure 13A) permet de constater un enrichissement en fer durant la cristallisation, semblable à celui des magmas tholéitiques. Le diagramme de Jensen (1976) (figure 13B), qui utilise des éléments moins mobiles que le diagramme AFM, montre également l'affiliation tholéitique. Ce diagramme distingue également très bien les différents faciès entre eux.

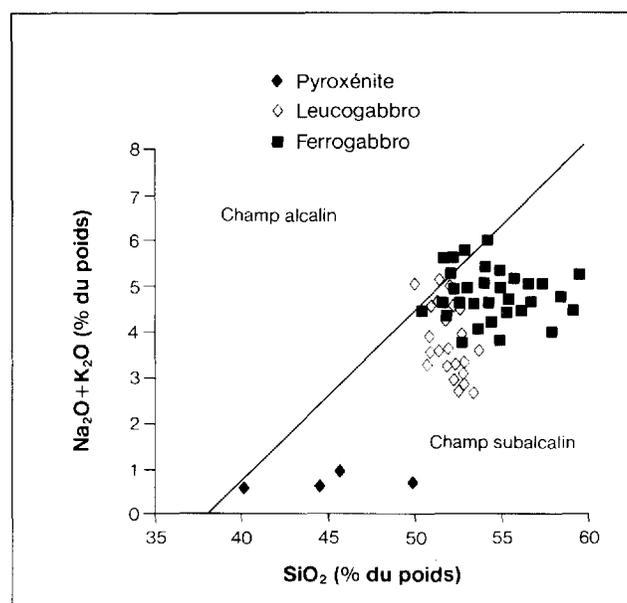


FIGURE 12 — Diagramme de  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$  (MacDonald & Katsura, 1964) pour le filon-couche de Bourbeau à la mine Cooke.

### Comparaison avec l'étude régionale

Si l'on compare les résultats de notre étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau dans le secteur de la mine Cooke avec ceux de notre étude régionale, on constate que les diagrammes binaires  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  (figures 6A et 11A) sont semblables. En effet, dans les deux cas la proportion maximale de  $\text{SiO}_2$  atteinte est d'environ 60% pour 3 à 4% de  $\text{MgO}$ . On note également que dans le leucogabbro la proportion de  $\text{SiO}_2$  est d'environ 50 à 52% pour 8% de  $\text{MgO}$  et que dans la pyroxénite il y a 44 à 46% de  $\text{SiO}_2$  pour environ 16% de  $\text{MgO}$ . Les diagrammes  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{MgO}$  (figures 6B et 11D) sont semblables; ils montrent une évolution magmatique identique mais le contenu en fer total, dans le secteur Cooke, est moins élevé (16%) que le maximum atteint régionalement (19%).

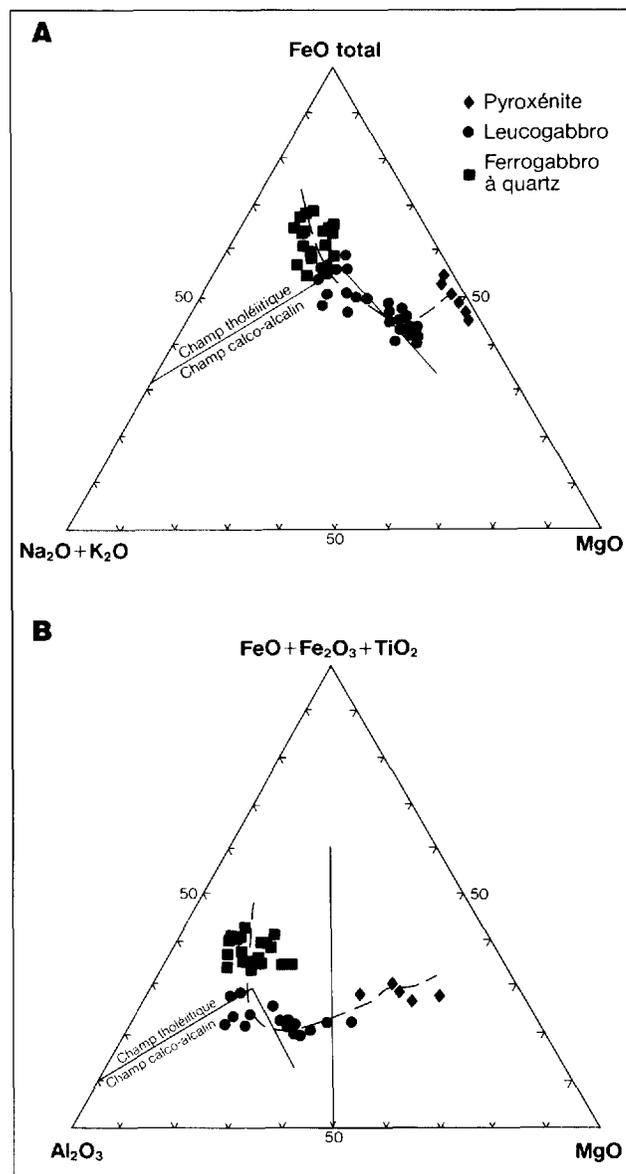


FIGURE 13 — Diagrammes AFM (A) et de Jensen (B) montrant l'évolution chimique du filon-couche de Bourbeau à la mine Cooke. La courbe du diagramme AFM est selon Irvine & Baragar (1971).

Les diagrammes AFM (figures 7A et 13A) montrent une évolution magmatique semblable. Toutefois, dans le secteur de la mine Cooke, les faciès leucogabbroïques et ferrogabbroïques semblent relativement enrichis en  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  comparativement à ceux de l'étude régionale (tableau 4). Afin de vérifier cet enrichissement, nous avons repris l'analyse chimique de 6 échantillons (2 de chacun des faciès); leur localisation dans le diagramme AFM n'a pas changé. Cet enrichissement pourrait être associé au métasomatisme allochimique subi par le filon-couche dans l'environnement de la mine Cooke, reflétant ainsi la grande mobilité de ces deux oxydes. Enfin, une comparaison des diagrammes de Jensen (1976) (figures 7B et 13B), moins sensibles aux modifications chimiques, permet de constater une coïncidence et une évolution chimique identique entre le Bourbeau du secteur Cooke et celui observé à l'échelle régionale. Finalement,

**TABLEAU 4 — Composition chimique moyenne des faciès pétrologiques du filon-couche de Bourbeau observés à l'échelle régionale et à la mine Cooke**

	Faciès de la pyroxénite (% du poids)		Faciès du leucogabbro (% du poids)		Faciès du ferrogabbro à quartz (% du poids)		Faciès de la ferrodiorite à quartz (% du poids)	
	Échelle régionale n = 5*	Mine Cooke n = 5	Échelle régionale n = 10	Mine Cooke n = 29	Échelle régionale n = 11	Mine Cooke n = 36	Échelle régionale n = 6	Mine Cooke -
SiO <sub>2</sub>	45,36	46,24	49,78	52,22	52,03	54,33	56,51	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,67	9,82	14,56	15,30	13,08	13,21	13,18	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,10	2,31	2,28	2,34	3,62	3,43	3,44	-
FeO	10,21	14,28	7,62	7,68	11,21	10,30	11,41	-
CaO	9,50	7,12	10,99	9,32	7,52	5,52	5,34	-
MgO	16,73	15,94	8,45	8,98	4,41	3,63	3,24	-
Na <sub>2</sub> O	0,89	0,63	1,62	3,15	2,82	4,36	2,80	-
K <sub>2</sub> O	0,27	0,07	0,42	0,67	0,35	0,47	0,35	-
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,81	0,79	0,83	1,97	1,93	1,94	-
MnO	0,21	0,25	0,17	0,23	0,22	0,40	0,29	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,45	-	0,20	-	0,34	-	0,41	-

\* Nombre d'échantillons

cette comparaison pétrochimique suggère qu'il existe fort probablement un faciès de ferrodiorite à quartz à la mine Cooke. Les teneurs en silice atteintes par le ferrogabbro à quartz de la mine Cooke, de même que le champ que ce faciès occupe dans le diagramme de Jensen (1976) sont à ce sujet très significatifs et suggèrent que le ferrogabbro à quartz comprend peut-être un ferrogabbro à quartz et une ferrodiorite à quartz. Des travaux pétrographiques sur l'ensemble du faciès ferrogabbroïque de la mine Cooke seraient nécessaires afin de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

### Altération hydrothermale associée aux zones aurifères de la mine Cooke

#### INTRODUCTION

Mégascopiquement, les altérations hydrothermales associées aux zones aurifères de la mine Cooke semblent peu développées. L'altération est pratiquement restreinte à la zone de cisaillement même. Elle se caractérise par une forte chloritisation et une carbonatation (calcite). Tandis que la chloritisation affecte l'ensemble des constituants de la roche, et s'avère parfois totale, la carbonatation se manifeste sous forme de veinules de calcite mises en place dans le gabbro, à l'intérieur et à l'extérieur de la zone de cisaillement. De plus, des veinules rougeâtres constituées de calcite, quartz et feldspath alcalin hématitisé sont régulièrement observées à proximité des zones minéralisées ou au contact entre la veine minéralisée et l'encaissant peu déformé. Afin d'étudier ces altérations hydrothermales de façon plus détaillée et de pouvoir identifier la nature et les proportions des différentes phases minéralogiques et les modifications chimiques des roches, nous avons réalisé des études pétrographique et lithogéochimique détaillées des zones d'altération. Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser des échantillons de trous de sondage, car ces derniers présentent des sections continues de part et d'autre des zones minéralisées et permettent de mieux sélectionner les zones étudiées.

Dans les galeries, la largeur de la zone observable et le choix des échantillons étaient beaucoup plus restreints.

Dans cette optique, nous avons sélectionné les forages S-588 (figure 14), U-9399 (figure 15), U-9389 (figure 16) et U-15331 (figure 17). Nous décrirons, dans l'ordre, la pétrographie et la lithogéochimie des altérations.

#### PÉTROGRAPHIE DES ALTÉRATIONS

Dans le cadre de l'étude pétrographique des altérations hydrothermales, nous avons étudié en détail une centaine d'échantillons mégascopiques et une soixantaine de lames minces provenant des quatre trous de sondage choisis. Les résultats de cette étude ont été présentés en détail dans un précédent rapport (Dubé & Guha, 1986b). Nous nous limiterons, dans le présent rapport, à une synthèse des observations. Le lecteur doit bien prendre note que les minéraux sont présentés sous la forme d'assemblage minéralogique et non en terme de paragenèse suggérant qu'un équilibre existe entre les différents minéraux.

Les forages S-588, U-9399 et U-9389 se situent dans le leucogabbro; le premier recoupe la veine n° 7 et les deux autres la veine n° 9. Finalement, le forage U-15331 se situe dans le ferrogabbro et recoupe la veine n° 9. Les figures 14, 15, 16 et 17 présentent le sommaire de nos observations. Elles fournissent une représentation schématique des différentes unités lithologiques recoupées, une estimation visuelle des minéraux d'altération constituant les échantillons étudiés de même qu'une évaluation qualitative de l'intensité des déformations. La déformation maximale correspond au coeur de la zone de cisaillement, son intensité diminuant graduellement de part et d'autre.

Dans chacun des forages étudiés, la minéralisation est localisée à l'intérieur de zones de cisaillement dont la largeur varie de 2,5 cm (U-9399, figure 15) à environ 12,2 m (S-588, figure 14). Ces zones de cisaillement contiennent des veines et veinules constituées de quartz + calcite + sulfures et sont entourées par une zone où l'encaissant gabbroïque est relativement peu déformé mais recoupé

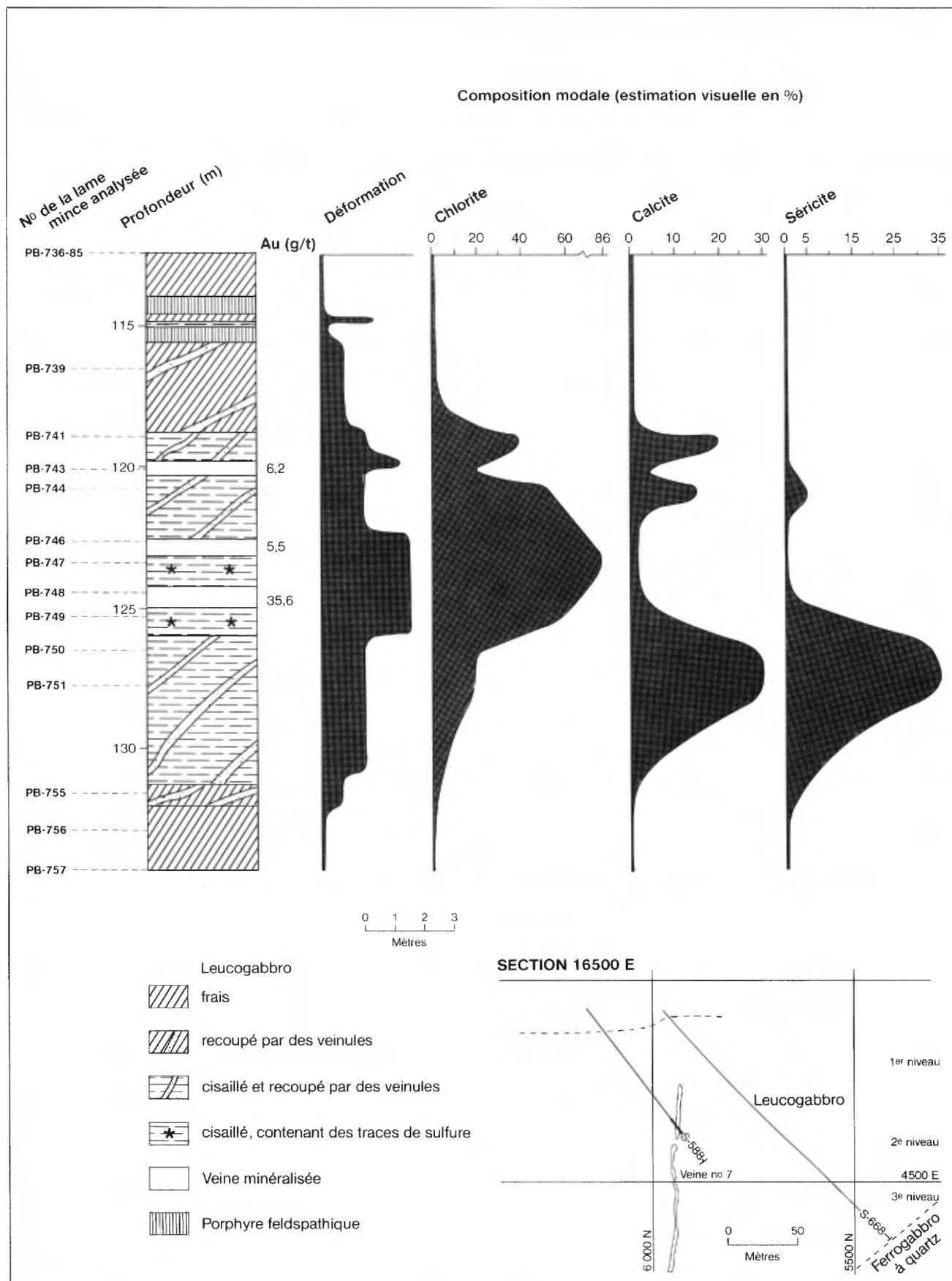


FIGURE 14 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans le forage S-588.

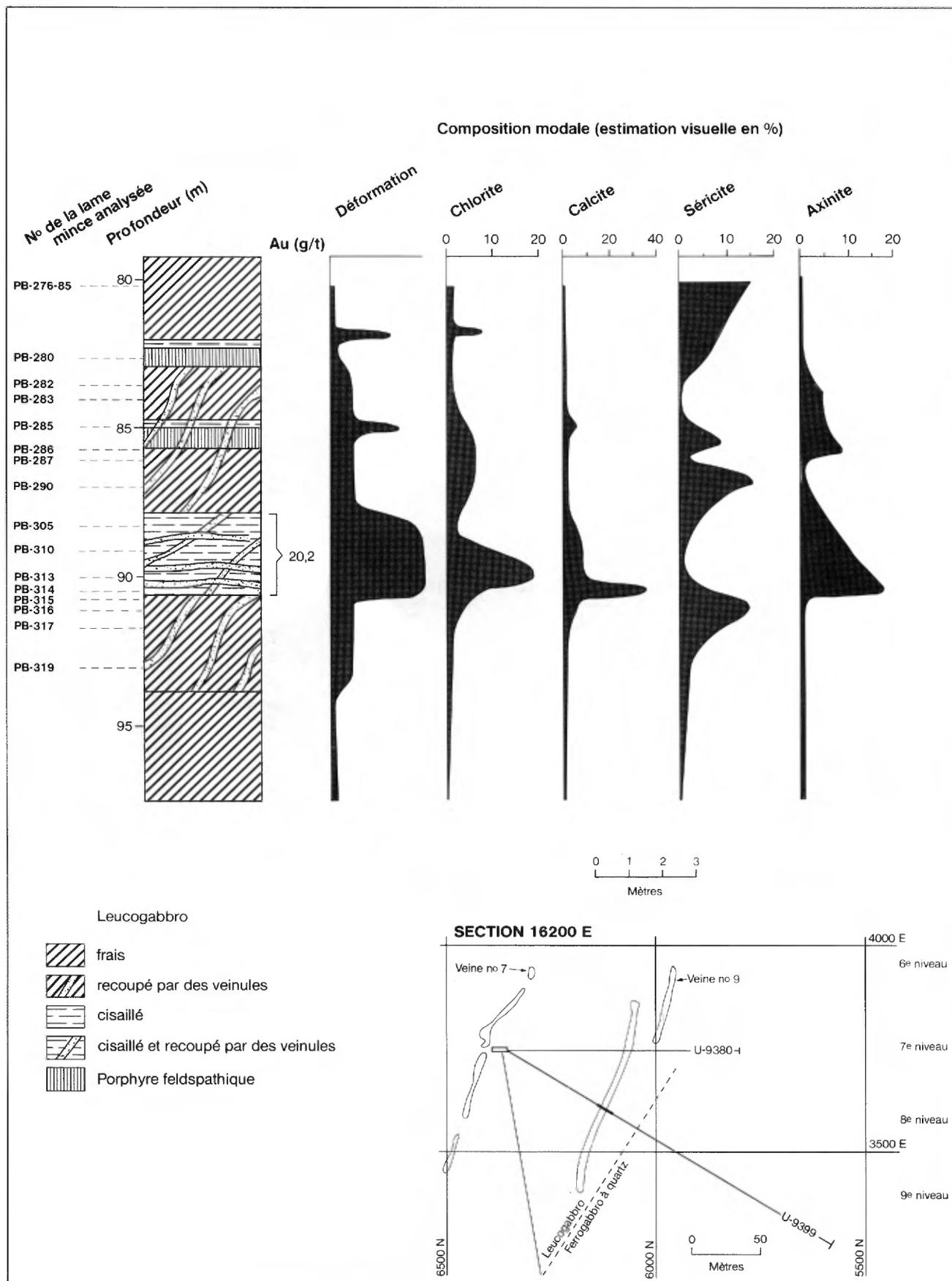


FIGURE 15 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans le forage U-9399.

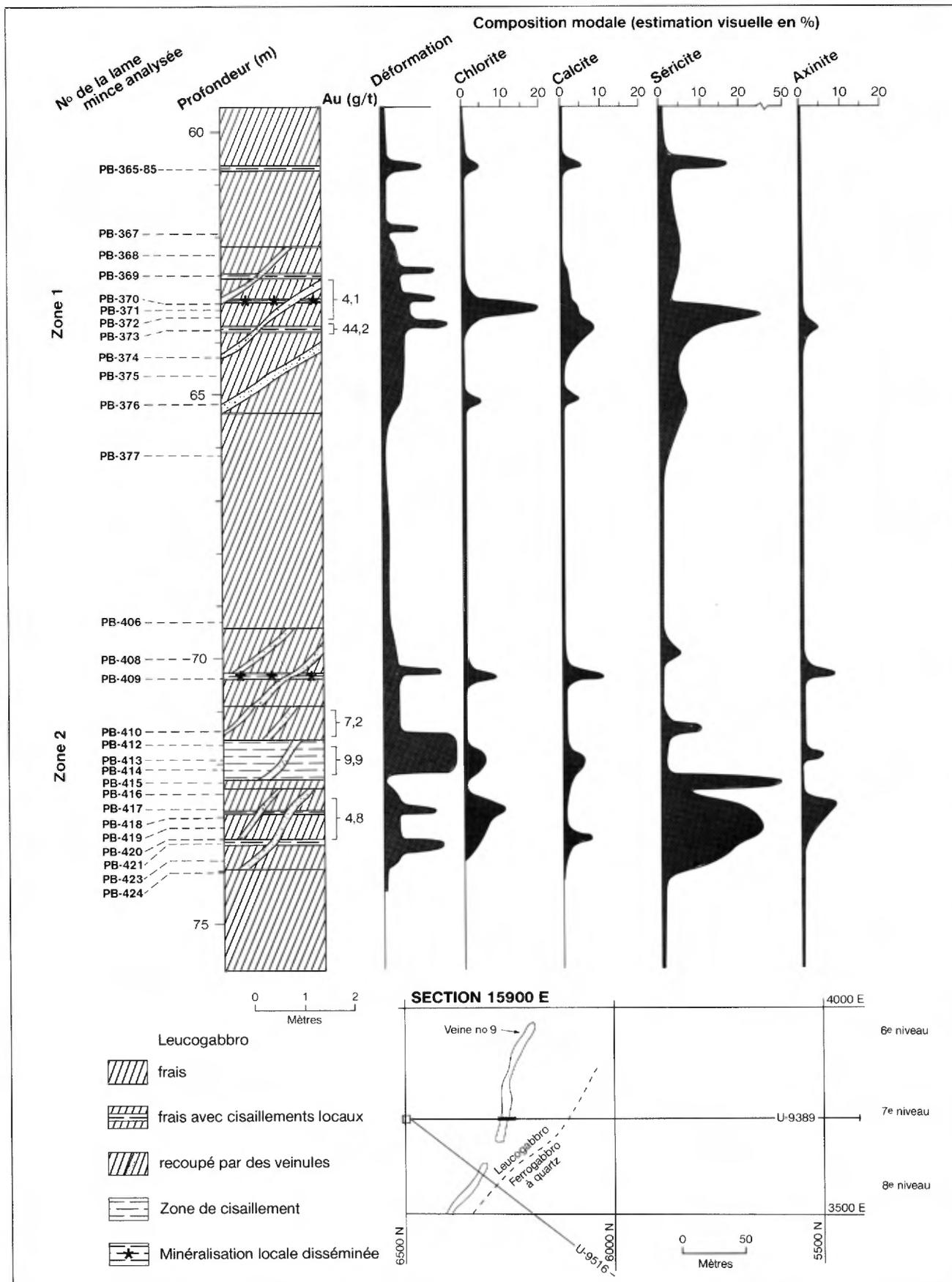


FIGURE 16 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans le forage U-9389.

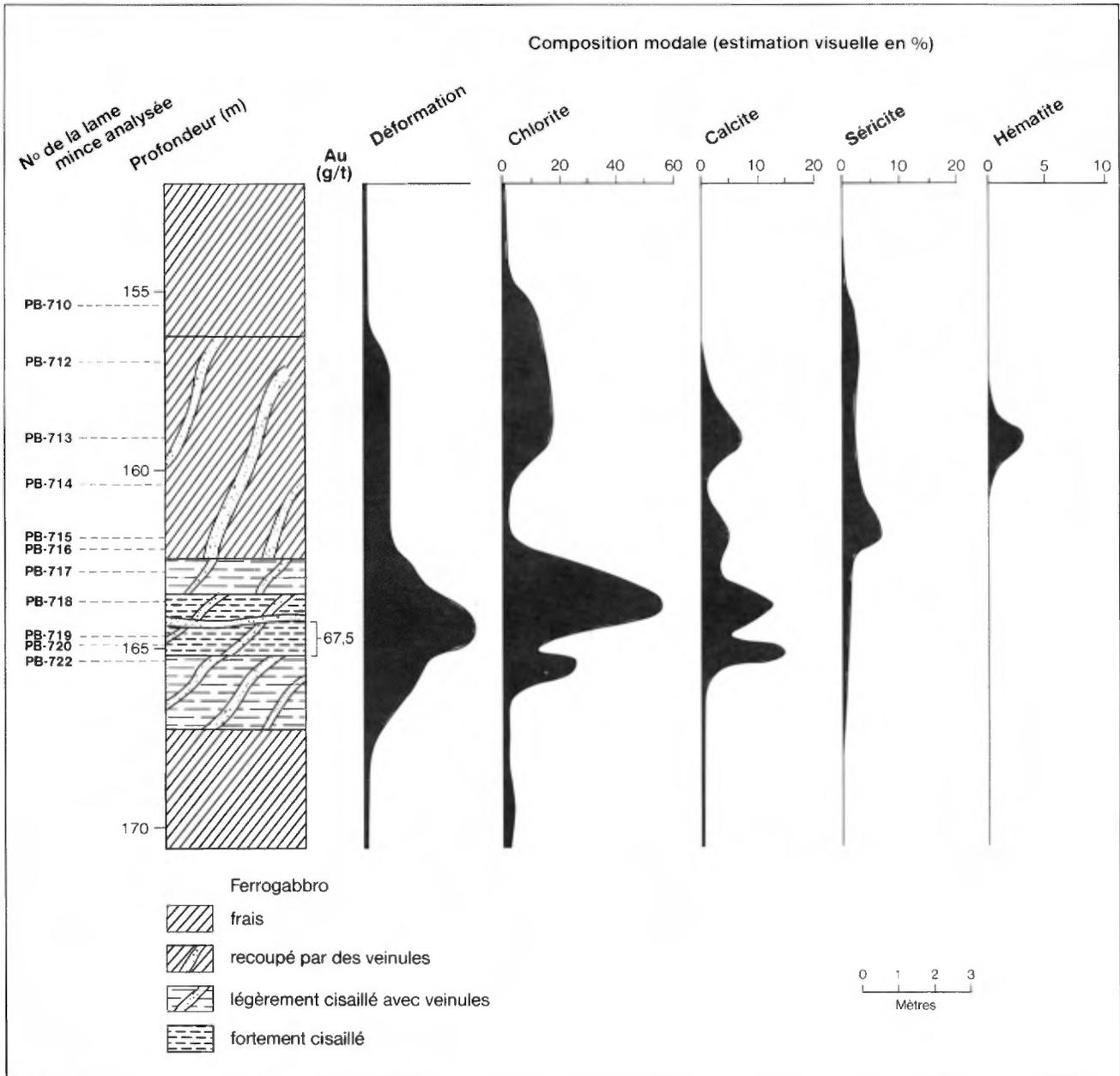


FIGURE 17 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans le forage U-15331.

de veinules. Celles-ci sont généralement constituées, en bordure, de quartz et d'albite, et(ou) de feldspath potassique hématitisé et, au coeur, de calcite. On constate que les zones de cisaillement ont engendré une chloritisation de l'encaissant. L'intensité de cette chloritisation varie de 5 à 86% de l'ensemble des constituants. La chlorite se forme en remplacement des pyroxènes et des plagioclases. Lorsque la chloritisation devient très intense (S-588, figure 14), la chlorite forme alors un genre de matrice, orientée parallèlement à la schistosité ou au cisaillement. La chlorite se présente également en veinules associées ou non à du quartz ou à de la calcite. On note également une carbonatation dans toutes les zones de cisaillement et également (S-588 et U-15331; figures 14 et 17) dans les zones peu déformées mais recoupées de veinules qui

enveloppent la zone minéralisée. L'intensité de la carbonatation varie de 3 à près de 40% de l'ensemble des constituants (U-9399, figure 15). Il s'agit principalement de calcite, car la roche réagit très fortement à l'acide chlorhydrique à froid. Onze analyses à la microsonde électronique réparties sur quatre échantillons représentant chacun des forages étudiés (annexe II, tableau A) confirment notre identification. La calcite remplace les pyroxènes et des plagioclases. On l'observe également sous forme de veinules, associée ou non à d'autres minéraux. La séricite caractérise l'altération observée dans l'enveloppe des zones de cisaillement : son intensité varie de 1 à 50% (U-9389, figure 16). Elle se présente principalement en remplacement des plagioclases. Cette séricitisation contraste fortement avec la saussuritisation observée

régionalement et localement chez les plagioclases du faciès leucogabbroïque ayant été uniquement affectés par le métamorphisme régional. La séricite forme également des veinules orientées parallèlement à la schistosité ou au cisaillement.

On constate également, dans les forages U-9399 et U-9389, la présence d'axinite dans la zone minéralisée et dans la zone qui la précède (U-9399). L'axinite est incluse dans les veines de quartz-calcite-chalcopryrite ou est localisée en bordure de celles-ci. Selon Deer *et al.* (1962), l'axinite est un silicate calcique de bore généralement présent dans les sédiments calcaires altérés et aussi dans les roches ignées basiques, particulièrement celles qui ont été carbonatisées (calcite) avant d'avoir été métamorphosées. L'axinite peut également se former dans des veines associées à différents types de minéralisation (Heinrich, 1956). Enfin, selon Park & MacDiarmid (1970), l'axinite peut se former à la place de la tourmaline dans des roches riches en alumine et en sodium associées à la minéralisation.

Finalement, dans le forage U-15331, on note une faible hématitisation localisée dans la zone de ferrogabbro contenant des veinules. Cette hématitisation se présente sous forme de fines particules d'hématite en inclusion dans les cristaux de feldspath potassique présents à l'intérieur d'une veinule.

## LITHOGÉOCHIMIE DES ZONES MINÉRALISÉES

### Introduction

Dans le but de définir les modifications chimiques subies par les roches soumises aux déformations et aux altérations hydrothermales associées aux zones aurifères de la mine Cooke, nous avons réalisé une étude lithogéochimique. Cette étude nous permettra également de préciser les transformations minéralogiques présentées précédemment, de mieux comprendre les processus associés à la mise en place de la minéralisation et de fournir, peut-être, des outils d'exploration. Cette étude a été réalisée en trois étapes. Nous avons d'abord effectué une étude qualitative utilisant des rapports d'oxydes ou d'éléments. Par la suite, nous avons réalisé une étude quantitative en tenant compte des modifications de volume et de composition (Gresens, 1967). Enfin, nous avons réalisé une étude statistique sommaire de certains éléments indicateurs (Au, Cu, As, Ag, S et CO<sub>2</sub>).

### Lithogéochimie qualitative

Nous avons étudié, dans un premier temps, la variation des éléments majeurs et mineurs dans les forages S-588 (veine n° 7) et U-9399 (veine n° 9) (voir les résultats d'analyses à l'annexe III, aux tableaux A-2 et A-3). Pour ce faire, nous avons choisi d'étudier la variation du rapport de certains éléments à l'intérieur d'un même faciès pétrologique : en comparant qualitativement des rapports nous minimisons l'effet des changements de volume associés aux déformations. De plus, en choisissant des données obtenues à l'intérieur d'un même faciès pétrolo-

gique nous minimisons l'effet de la différenciation magmatique survenue à l'intérieur du filon-couche de Bourbeau. Les rapports qui ont retenu notre attention sont : K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O et SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O+S). Selon Boyle (1979), ils peuvent être très utiles dans la prospection lithogéochimique de l'or. Nous présentons également des diagrammes montrant la relation spatiale entre les éléments traces Cu (ppm), As (ppm) et Au (ppb), car le cuivre et particulièrement l'arsenic sont reconnus pour être de bons traceurs de la minéralisation aurifère (Boyle, 1979). Cette section a été traitée avec détails dans un précédent rapport (Dubé & Guha, 1986b) : nous ne présentons ici que le sommaire de nos résultats.

Les figures 18 et 19 présentent les résultats obtenus pour les forages S-588 et U-9399. En comparant les valeurs moyennes obtenues pour le faciès leucogabbroïque ( $[K_2O/Na_2O] \times 100 = 21$ ) (tableau 3), on constate une augmentation très nette du rapport (K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O) X 100 sur une distance d'environ 12 m coïncidant avec la zone de cisaillement. Cette augmentation du rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O (figures 14 et 15) coïncide avec l'augmentation de la proportion de séricite observée pétrographiquement. Le rapport SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O+S) est typique de celui observé dans des zones aurifères localisées dans des contextes semblables. En effet, selon Boyle (1979), en approchant de la zone aurifère, ce rapport diminue étant donné l'apport de CO<sub>2</sub>, de H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> et de soufre, et le lessivage de la silice survenu suite à l'altération des silicates. La diminution de ce rapport coïncide avec la formation des minéraux d'altération notée pétrographiquement. La faible valeur de ce rapport et la forte valeur de (K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O) X 100 observées dans le forage U-9399 à 80,2 m (PB-276) proviennent d'un échantillon situé loin de la zone minéralisée, dans un leucogabbro anormalement riche en séricite (15%, figure 15). Cette altération est anormale par rapport à la zone minéralisée considérée et est peut-être reliée à l'influence d'une autre zone d'altération.

Les éléments traces As et Cu présentent des profils identiques à celui de l'or. Les valeurs sont très élevées : >1 000 ppm d'As et de 6 680 à >20 000 ppm de Cu.

### Lithogéochimie quantitative

#### Introduction

Dans l'étude quantitative (gains et pertes) des modifications chimiques associées à l'altération hydrothermale, la comparaison directe des résultats d'analyse lithogéochimique obtenus n'est pas suffisante pour décrire les changements chimiques. Comme les composants (oxydes majeurs et mineurs) sont astreints à une somme constante de 100%, aucun d'eux pris individuellement n'est indépendant des autres et il existe un nombre infini de solutions possibles. De plus, cette procédure suppose que le volume de la roche est demeuré constant, ce qui s'avère souvent une prémisse erronée. Afin de résoudre ce problème, Gresens (1967) a suggéré d'utiliser les mesures de densité de chacun des échantillons comparés, et d'incorporer ces données dans des calculs de balance de

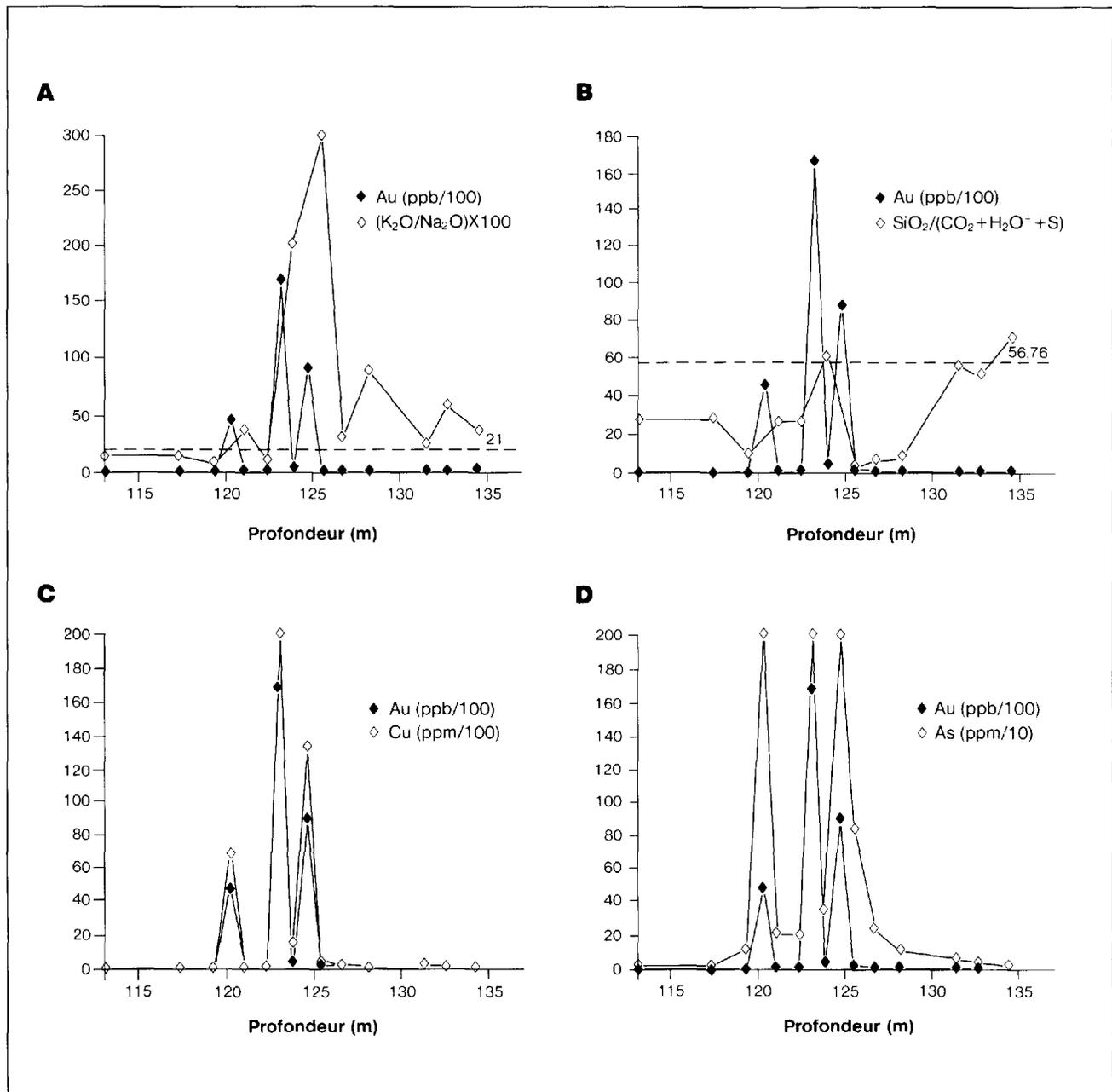


FIGURE 18 — Lithogéochimie qualitative du forage S-588 à la mine Cooke.

masse à deux inconnues (masse-volume). Ainsi, en décidant de faire varier le volume ou le comportement d'un ou de plusieurs composants, durant la transformation d'une roche fraîche (roche parente) en une roche altérée, on arrive à une solution unique qui nous permet de quantifier le métasomatisme. La méthode de Gresens (1967) est absolument nécessaire lorsque l'on étudie les modifications chimiques associées à des zones de cisaillement et tout résultat quantitatif obtenu à l'aide de matrices de corrélation ou de rapports d'éléments doit être considéré avec beaucoup de précaution.

#### Forage S-588

Dans cette optique, nous avons étudié les modifications chimiques associées à la zone de cisaillement auri-

fère (veine n° 7) du forage S-588 (annexe III, tableau A-2). Afin de déterminer ces changements volumétriques et de calculer les proportions réelles des composants, nous avons utilisé le logiciel d'Appleyard et De Beer (1983). À la suite de l'intersection fréquente de  $Al_2O_3$  et de  $TiO_2$  sur la droite de 0% de changement de composition, nous avons considéré, dans nos calculs du facteur volume (volume final/volume initial), que les composants  $Al_2O_3$  et  $TiO_2$  sont les moins mobiles. De fait, selon plusieurs auteurs qui ont étudié les roches altérées par des fluides hydrothermaux,  $Al_2O_3$  (Babcock, 1973; Kerrich *et al.*, 1977 et 1979, et Boyle, 1979) et  $TiO_2$  (Davies *et al.*, 1978; Hynes, 1980 et Finlow-Bates et Stumpfl, 1981) sont immobiles ou peu mobiles.

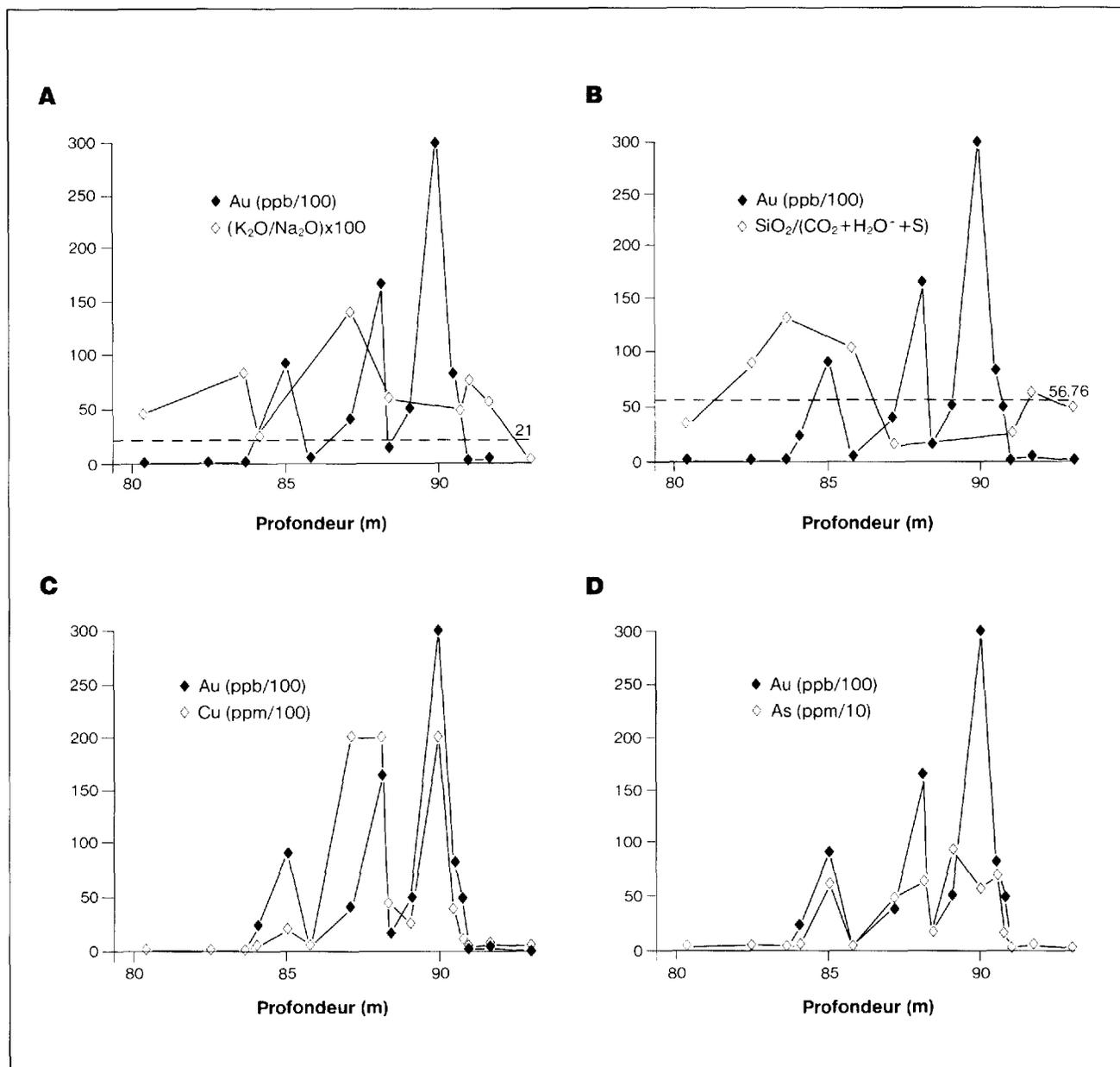


FIGURE 19 — Lithogéochimie qualitative du forage U-9399 à la mine Cooke.

Les échantillons PB-736-85 et PB-739-85 représentent le protolithe original à partir duquel les déterminations de facteur volume et les transformations chimiques ont été calculées. Les observations mégascopiques et pétrographiques de ces échantillons montrent qu'ils ne sont pas déformés et qu'ils n'ont pas subi d'altération hydrothermale. Aucun échantillon minéralisé n'a été retenu dans cette étude, car les zones minéralisées sont localisées à l'intérieur de veines et veinules.

Les résultats obtenus sont présentés à la figure 20 et aux tableaux 5 et 6. Nous avons choisi de présenter nos résultats sous forme de pourcentage du poids d'oxyde plutôt que sous forme de gains et pertes, car nous croyons que notre choix rend la présentation et l'utilisation des résultats plus visuelles et plus commodes. On constate

donc que la silice (SiO<sub>2</sub>) a été fortement lessivée à l'intérieur de toute la zone de cisaillement. Alors que les roches parentes (PB-736 et PB-739) en contenaient environ 48% et que la moyenne pour le faciès leucogabbroïque est de 52% (tableau 3), les échantillons localisés dans la zone de cisaillement ont une teneur variant de 28 à 41%. Le K<sub>2</sub>O montre un enrichissement très net (0,77 à 2,00%) de 125,3 à 132,6 m (PB-749 à PB-756). Le sodium (Na<sub>2</sub>O) a été fortement lessivé à l'intérieur de la zone de cisaillement de 119,2 à 126,5 m (PB-741 à PB-750). Les teneurs de sodium varient de 0,04 à 2,97%, tandis que les roches parentes contiennent une moyenne de 2,60% de Na<sub>2</sub>O et que la moyenne pour le faciès leucogabbroïque est de 3,15% (tableau 3). Le fer total (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO) montre un très fort enrichissement à l'intérieur de la zone de cisaille-

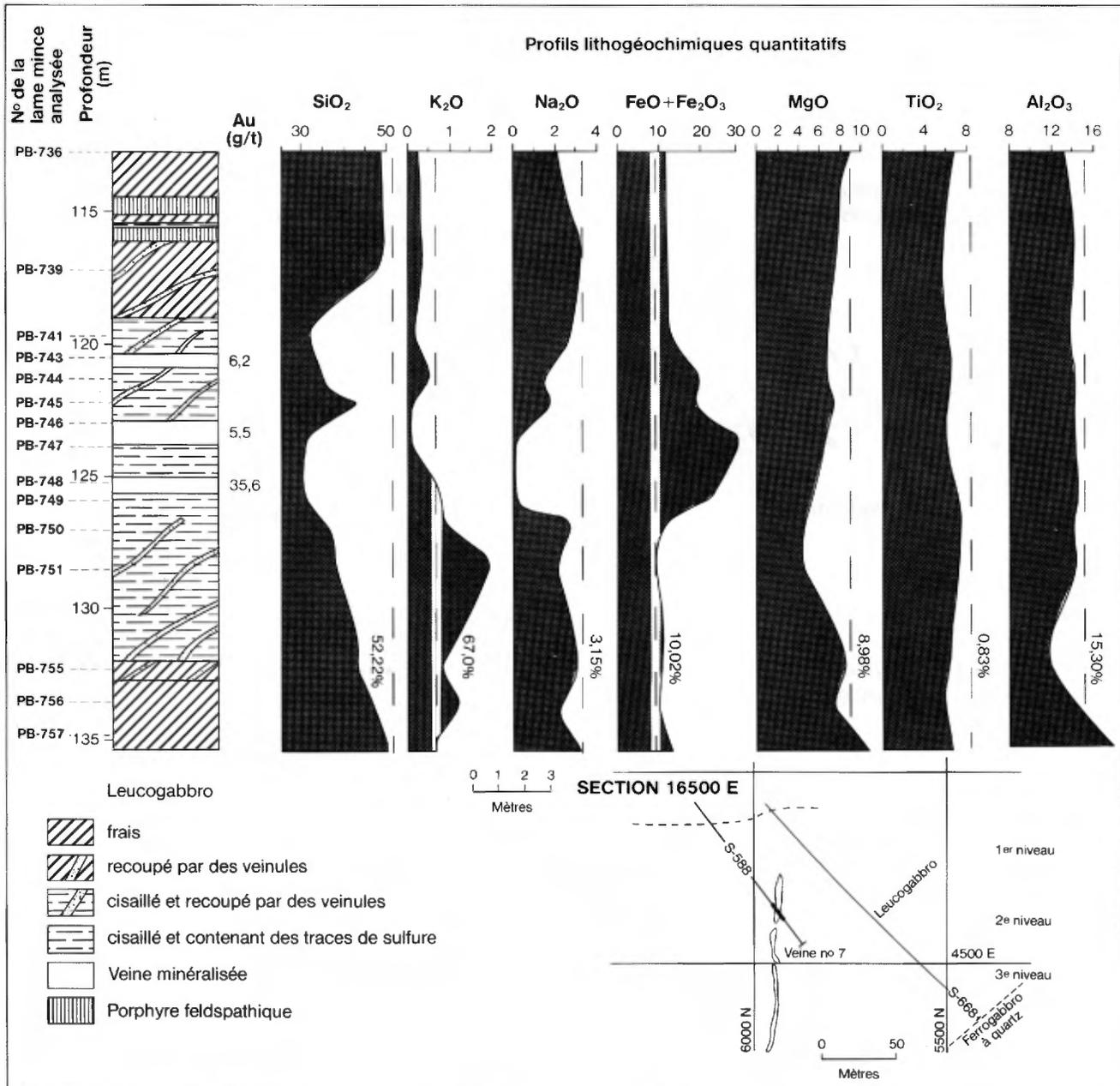


FIGURE 20 — Profil lithogéochimique quantitatif du forage S-588 à la mine Cooke.

ment. Sa proportion atteint 30,45%, tandis qu'elle devrait être de l'ordre de 10 à 11% (tableau 3). Le magnésium (MgO) semble avoir été lessivé de 125,3 à 129,5 m. Les teneurs de MgO varient alors de 4,05 à 5,65%. Enfin, nous présentons les courbes de TiO<sub>2</sub> et de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. On note une diminution de la proportion de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pour l'échantillon PB-755. Cette variation est causée par une mobilité locale de l'aluminium dans cet échantillon ou plus probablement par une variation primaire et locale de l'aluminium dans le leucogabbro à la suite de la différenciation magmatique subie. Quoiqu'il en soit, nous croyons que cette variation n'est pas significative.

Ainsi, le lessivage de la silice dans la zone minéralisée est associé au broyage et à l'altération subis par les sili-

cates. Il confirme et explique, du moins partiellement, les résultats qualitatifs obtenus à l'aide du rapport SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O+S) à la section sur la lithogéochimie qualitative dans le présent chapitre. L'enrichissement en K<sub>2</sub>O et le lessivage en Na<sub>2</sub>O expliquent l'augmentation du rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O présenté dans notre étude qualitative et rend son utilisation rationnelle. Selon Boyle (1979), le comportement de ces trois oxydes majeurs est tout à fait typique des zones de cisaillement associées aux minéralisations aurifères. Enfin, l'enrichissement marqué en fer est associé à la présence de sulfures disséminés dans la roche et peut-être à la présence de fer dans la structure des chlorites.

**TABLEAU 5 — Composition lithogéochimique des échantillons du forage S-588 considérés dans l'étude quantitative du métasomatisme**

	PB-736 -85	PB-739 -85	PB-741 -85	PB-743 -85	PB-744 -85	PB-745 -85	PB-746 -85	PB-747 -85	PB-748 -85	PB-749 -85	PB-750 -85	PB-751 -85	PB-755 -85	PB-756 -85	PB-757 -85
	(% du poids)														
SiO <sub>2</sub>	48,10	48,70	40,10	62,70	40,30	45,10	33,50	35,20	36,60	36,20	42,50	43,10	50,00	48,50	47,80
TiO <sub>2</sub>	0,67	0,56	0,77	0,16	0,77	0,64	0,14	0,67	0,33	0,87	0,85	0,83	0,73	0,62	0,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,60	14,20	17,30	7,89	16,40	14,80	4,66	15,90	7,21	17,30	15,90	16,50	12,80	14,70	16,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,70	10,70	15,40	15,50	22,80	19,50	33,43	33,90	32,40	27,70	13,90	10,20	12,30	11,40	10,90
MnO	0,20	0,20	0,19	0,10	0,22	0,18	0,06	0,29	0,11	0,26	0,19	0,17	0,28	0,27	0,26
MgO	9,04	7,76	9,37	4,30	8,44	7,95	2,16	8,18	3,29	6,76	5,34	4,87	9,22	8,22	8,41
CaO	11,20	9,58	6,54	1,52	2,22	2,34	2,08	0,88	3,20	1,90	7,94	8,42	7,45	8,27	8,92
Na <sub>2</sub> O	2,10	3,13	3,67	0,55	1,73	2,10	0,15	0,04	0,34	0,33	3,25	2,59	3,46	2,34	2,39
K <sub>2</sub> O	0,32	0,48	0,25	0,21	0,64	0,23	0,07	0,08	0,11	0,99	1,00	2,28	0,95	1,37	0,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,27	0,31	0,07	0,06	0,22	0,35	0,03	0,12	0,12	0,19	0,21	0,20	0,32	0,12
P.F.*	2,00	1,90	4,50	4,45	5,90	4,30	8,25	6,35	7,10	5,65	7,00	8,05	2,65	2,90	1,55
Total	98,15	97,49	98,40	97,45	99,48	97,36	84,45	101,53	90,81	98,08	98,05	97,21	100,05	98,91	97,84
Au (ppb)	4	4	8	4560	45	59	16700	355	8930	122	57	21	28	16	83
Cu (ppm)	43	31	10	6680	73	44	>20000	1410	13300	329	195	101	156	81	89
As (ppm)	15	18	117	>2000	206	197	>2000	339	>2000	825	242	99	59	36	12
M.V.**	3,028	2,972	2,818	2,931	2,913	2,856	3,301	3,061	3,471	2,889	2,840	2,827	2,808	3,026	3,026

\* P.F. : perte au feu      \*\* M.V. : masse volumique (g/cm<sup>3</sup>)

**TABLEAU 6 — Proportions des oxydes majeurs calculées par la méthode de Gresens pour les échantillons du forage S-588, mine Cooke**

	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO							
Roches parentes														
PB-736-85	13,60	0,67	48,10	0,32	2,10	10,70	9,04							
PB-739-85	14,20	0,56	48,70	0,48	3,13	10,70	7,76							
Roches altérées														
PB-741-85	13,68	13,96	0,61	0,62	31,66	32,30	0,20	0,20	2,90	2,97	12,18	12,42	7,41	7,56
PB-744-85	13,55	14,30	0,64	0,67	33,37	35,09	0,53	0,56	1,43	1,51	18,87	19,87	6,96	7,36
PB-745-85	13,42	14,24	0,58	0,62	40,86	43,43	0,21	0,22	1,90	2,02	17,73	18,73	7,21	7,66
PB-747-85	13,64	14,24	0,58	0,60	30,16	31,66	0,07	0,07	0,04	0,04	29,17	30,45	7,03	7,33
PB-749-85	13,53	14,47	0,68	0,73	28,24	30,38	0,77	0,83	0,26	0,28	21,73	23,16	5,29	5,65
PB-750-85	13,57	14,13	0,73	0,76	36,16	37,87	0,85	0,89	2,77	2,88	11,85	12,37	4,56	4,74
PB-751-85	13,72	14,46	0,69	0,73	35,73	37,87	1,89	2,00	2,16	2,26	8,48	8,94	4,05	4,28
PB-755-85	12,34	11,26	0,70	0,64	48,14	44,07	0,92	0,84	3,34	3,05	11,87	10,82	8,89	8,11
PB-756-85	14,06	14,19	0,59	0,60	46,42	46,85	1,31	1,33	2,24	2,26	10,91	10,67	7,86	7,94
PB-757-85	16,00	16,33	0,62	0,63	47,41	48,78	0,87	0,89	2,39	2,44	10,89	11,12	8,41	8,59

### Éléments indicateurs

Dans la recherche de minéralisation aurifère, l'utilisation de discriminants géochimiques comme guides d'exploration s'avère souvent très utile. Dispersés, par rapport à l'or, selon des halos d'altération parfois plus étendus et présents en proportion souvent plus importante, ils permettent de localiser de larges zones anormales. Parmi les éléments utilisés, l'arsenic, l'antimoine et les tellures semblent des éléments indicateurs très favorables (Boyle, 1979; Chainey & Perrault, 1983; Durocher, 1983; et Fyon *et al.*, 1983). Parfois le soufre s'avère aussi un élément indicateur utile (Chainey & Perrault, 1983 et Kusmirski & Crocket, 1983). Toutefois, chaque secteur minéralisé constitue un cas spécifique et doit être traité en tant que tel. À ce titre, Boisvert (1984) et Boisvert & Drouin (1985) énoncent, à la suite de leurs travaux réalisés dans le secteur de la mine Cooke, l'existence d'un enrichissement et d'une forte corrélation entre l'or, le cuivre et l'arsenic dans les zones minéralisées et d'une corrélation entre l'or et l'arsenic pour les zones non minéralisées ( $\leq 500$  ppb). Ils proposent, comme guide locaux d'exploration aurifère, d'abord l'utilisation de l'or et en deuxième lieu celle du cuivre et de l'arsenic.

Nous avons cherché à vérifier et à compléter ces résultats et à extrapoler les résultats obtenus à l'aide des profils lithogéochimiques : les figures 21, 22 et 23 présentent le

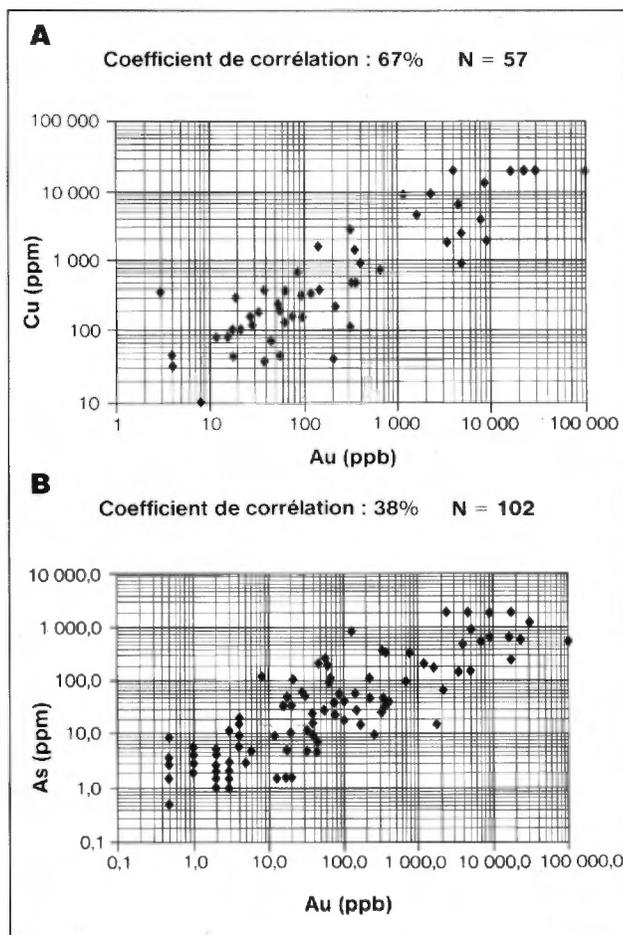


FIGURE 21 — Diagrammes du cuivre (en A) et de l'arsenic (en B) en fonction de l'or à la mine Cooke.

sommaire de nos résultats. Les données utilisées dans l'élaboration de ces graphiques proviennent des résultats obtenus dans le cadre de nos propres travaux sur six

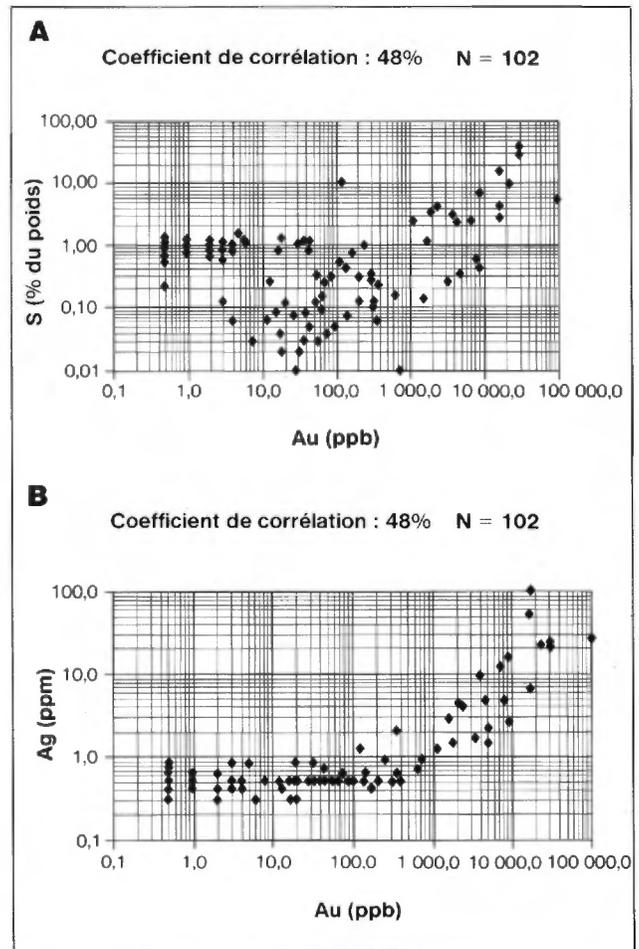


FIGURE 22 — Diagrammes du soufre (en A) et de l'argent (en B) en fonction de l'or à la mine Cooke.

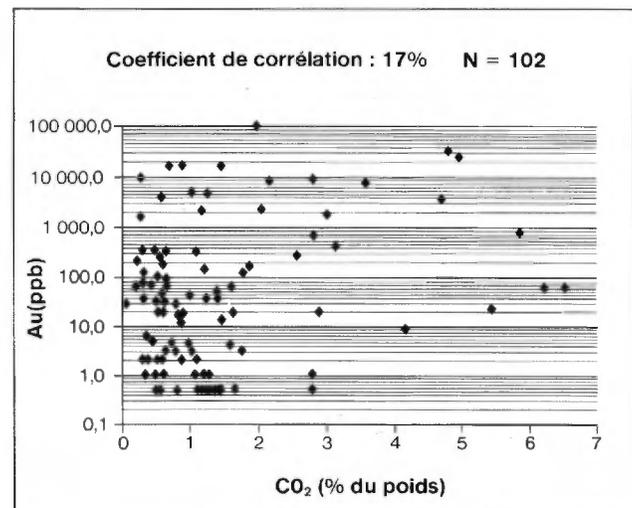


FIGURE 23 — Diagramme de CO<sub>2</sub> en fonction de Au à la mine Cooke.

zones aurifères (forages S-588, U-9399 et U-15331) et certaines galeries (6-75, 6-95 et 5-95) (annexe III, tableaux A-2 à A-7). Nous avons également considéré, sauf pour le graphique du cuivre en fonction de l'or, une partie des résultats obtenus par Boisvert (1984) : les deux zones aurifères (n° 7 et n° 9) et une trentaine d'échantillons non minéralisés. Au total, 102 valeurs ont été considérées pour chaque élément sauf pour le diagramme du cuivre (ppm) en fonction de l'or (ppb) qui est basé sur 57 données. Les diagrammes sont présentés sous la forme «log vs log» étant donné la grande dispersion des valeurs à comparer. Ce type de diagramme a toutefois tendance à suggérer visuellement des corrélations beaucoup plus fortes qu'elles ne le sont en réalité. Le lecteur doit bien prendre note des échelles utilisées et se référer au coefficient de corrélation calculé plutôt qu'à l'impression visuelle de corrélation.

On constate d'abord une bonne corrélation (67%) entre le Cu (ppm) et l'or (ppb) (figure 21A), ce qui concorde avec nos observations mégascopiques et minéragraphiques (voir section suivante sur les minéralisations). De plus, des teneurs en Cu de 500 ppm ou plus permettent de prévoir dans 70% des cas des teneurs en or de plus de 500 ppb, alors que là où il y a 1 000 ppm de Cu dans la roche on prévoit dans 81% des cas des valeurs de plus de 1 000 ppb d'or.

La corrélation entre l'arsenic et l'or s'avère faible (38%) (figure 21B). D'après ce graphique toutefois, des valeurs en arsenic de plus de 100 et 200 ppm laissent respectivement présager des teneurs en or de plus de 500 et 1 000 ppb dans 70 et 76% des cas. Toutefois, avec un seuil de 100 ppm de As, on néglige 13% des valeurs ayant donné  $\geq 500$  ppb d'or, tandis qu'avec un seuil de 200 ppm, on néglige 25% des valeurs ayant donné  $\geq 1 000$  ppb d'or.

La corrélation entre le soufre et l'or s'avère moyenne (48%) (figure 22A). Toutefois, un seuil de 2% de soufre permet de prévoir des teneurs en or de plus de 500 ppb et 1 000 ppb dans respectivement 93 et 94% des cas. Par contre, ces seuils font abstraction de 37% des teneurs de plus de 500 ppb d'or et de 25% des teneurs supérieures à 1 000 ppb d'or.

La corrélation entre l'argent (Ag) et l'or s'avère moyenne (48%) (figure 22B), elle aussi, mais un seuil de 1 ppm d'Ag permet de prévoir des teneurs de plus de 1 000 ppb dans 91% des cas. À noter que toutes les valeurs de plus de 1 000 ppb d'or titrent au moins 1 ppm d'Ag.

Enfin, le graphique du  $\text{CO}_2$  en fonction de l'or (figure 23) montre qu'il n'existe pas de corrélation (17%) entre l'intensité de la carbonatation et les teneurs aurifères. Ce résultat concorde avec ceux obtenus par d'autres auteurs à la mine Cooke (Boisvert, 1984 et Boisvert & Drouin, 1985) ou dans d'autres secteurs du filon-couche de Bourbeau (Dubé, 1985).

Cette étape nous permet de préciser les résultats obtenus à l'aide des profils lithogéochimiques précédemment présentés (voir section sur la lithogéochimie qualitative dans le présent chapitre). Ces profils confirment la relation Cu-Au alors suggérée par leur coïncidence spatiale (figures 18 et 19) mais atténuent la relation arsenic-or. De plus, ils indiquent l'absence de corrélation entre le pourcentage de  $\text{CO}_2$  et l'or. Ces résultats concordent donc avec ceux présentés par Boisvert (1984) et Boisvert & Drouin

(1985). Enfin, ils suggèrent les seuils à partir desquels il est raisonnable de prévoir des teneurs de plus de 500 ou 1 000 ppb d'or. Ces seuils pourraient être utilisés dans la recherche de zones aurifères économiques à la mine Cooke. Nous considérons, en effet, que des seuils de 1 000 ppm de Cu, 200 ppm d'As, 1 ppm d'Ag et 2% de soufre indiquent que la probabilité d'obtenir plus de 1 000 ppb d'or est forte.

## Minéralisations

### INTRODUCTION

Mégascopiquement, la minéralisation à la mine Cooke se trouve dans des veines et veinules de quartz, calcite et(ou) axinite mises en place dans des zones de cisaillement. Ces veines ou veinules contiennent des proportions de sulfures qui varient de traces à 90% de l'ensemble des constituants (figure 24). Les sulfures sont principalement de la chalcopyrrite et, dans une proportion moindre, de la pyrrhotite, de l'arsénopyrite et de la pyrite. Afin de préciser la nature des phases métalliques, leur concentration, leur texture ainsi que leurs associations et interrelations avec la gangue, nous avons réalisé une étude minéragraphique. Cette étude a été effectuée sur les échantillons provenant des zones minéralisées des forages étudiés à la section sur l'altération hydrothermale associée aux zones aurifères de la mine Cooke. Nous avons également considéré d'autres échantillons provenant des zones minéralisées recueillis dans les galeries. Au total, 25 lames minces polies ont été décrites de façon détaillée. Nous présentons maintenant un sommaire des observations se rapportant à la gangue et aux phases métalliques.



FIGURE 24 — Photographie montrant un exemple typique de veine de quartz-chalcopyrrite aurifère à la mine Cooke.

### GANGUE

Les zones minéralisées se trouvent à l'intérieur de veines de quartz ( $\pm$ feldspath alcalin : albite et microcline), calcite et(ou) axinite montrant généralement des signes de déformation très intense. Le quartz a été cataclasé et

polygonisé. Ces déformations ont engendré une diminution de la granulométrie et une néominéralisation de cristaux de quartz de plus petite dimension (0,1 à 0,2 mm) autour des grains cataclasés (figure 25). Ainsi, il existe au moins deux générations de quartz : une première cataclasée et une seconde néominéralisée non déformée issue en tout ou en partie de la recristallisation de la première génération. La calcite a également subi des déformations comme le suggèrent les macles mécaniques qu'elle contient. Elle s'observe également en remplissage de fractures dans le quartz cataclasé. De plus, elle est associée au quartz de seconde génération et aux phases métalliques. Ainsi, la déformation a probablement provoqué une remobilisation partielle de la calcite dans les fractures du quartz et des sulfures, mais il est également très probable qu'il y ait eu plus d'une génération de carbonate.

Nous avons aussi noté de l'axinite à l'intérieur des veines minéralisées recoupées par les forages U-9389 et U-9399 (figures 15 et 16) et dans certains échantillons minéralisés recueillis dans les galeries. Elle y forme des veinules et est associée, au moins spatialement, à la chalcopryrite, à la pyrrhotite et à d'autres minéraux de gangue, tels le quartz, la calcite et les feldspath présents dans les veines minéralisées. Les sulfures moulent, entourent et remplissent les fractures de l'axinite. De plus, l'axinite est fréquemment remplie d'inclusions de chalcopryrite.

Enfin, les autres minéraux de gangue présents dans les zones minéralisées sont des agrégats de chlorite et de leucoxène-rutile, issus du remplacement complet de fragments d'encaissant incorporés aux veines. De plus des quantités mineures ( $\leq 10\%$ ) de tourmaline, stilpnomélane, chlorite, feldspath alcalin (microcline hématitisé et albite), épidote, actinote et séricite sont également notées. Lorsque la proportion de sulfure est grande, ces minéraux de même que du quartz limpide et des carbonates, baignent dans une matrice de chalcopryrite. Autrement on les observe en remplissage avec du quartz de première génération.

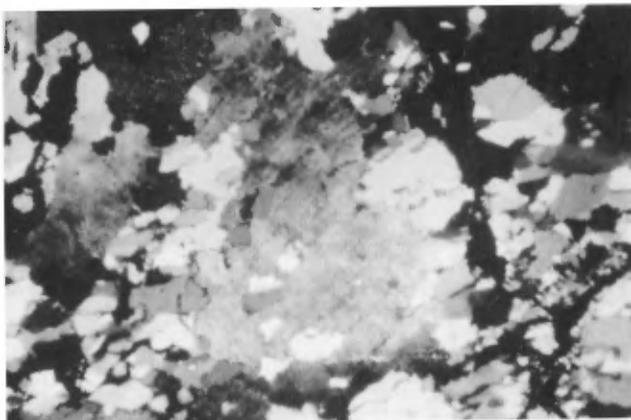


FIGURE 25 — Photomicrographie montrant du quartz cataclasé entouré d'une seconde génération de cristaux de quartz (lumière transmise et nicols croisés). Largeur de la photo : 5,5 mm.

## PHASES MÉTALLIQUES

Les phases métalliques observées dans les zones minéralisées sont principalement la chalcopryrite et dans une moindre mesure la pyrrhotite, l'arsénopyrite et la pyrite. De plus, des traces de marcasite, de sphalérite, de cobaltite, de gersdorffite, de pentlandite, de nickeline et d'or natif ont également été notées.

### Chalcopryrite

La chalcopryrite constitue la principale phase métallique. Dans certains échantillons, elle représente jusqu'à 90% de l'ensemble des constituants de la zone minéralisée. De façon générale, la chalcopryrite se présente en plages et constitue une matrice dans laquelle baignent les autres phases métalliques et les minéraux de gangue. Elle enveloppe et remplit les fractures des grains d'arsénopyrite et de pyrite (figure 26). Postérieure au quartz cataclasé, la chalcopryrite semble plutôt associée au quartz de seconde génération et à la calcite. Elle est alors en remplissage de fractures. Elle est également observée en inclusions dans l'axinite, mais également autour et en remplissage de fractures des cristaux d'axinite. Localement, la chalcopryrite contient des cristaux de marcasite, de cubanite, de gersdorffite, de cobaltite et de sphalérite.

En lame mince, la chalcopryrite ne montre pas de signes de déformation. Toutefois, nous avons observé localement des veinules de calcite cimentant des plages de chalcopryrite.

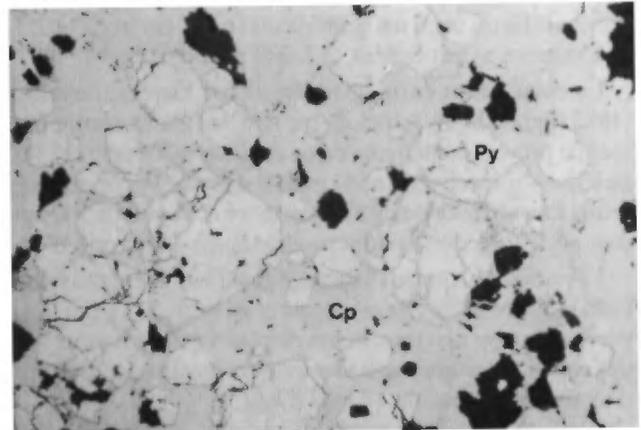


FIGURE 26 — Photomicrographie montrant la chalcopryrite (Cp) qui enveloppe et remplit les fractures des cristaux de pyrite (Py) cataclasés (lumière réfléchie et nicols croisés). Largeur de la photo : 0,65 mm.

### Pyrrhotite

La pyrrhotite est, après la chalcopryrite, la phase métallique la plus abondante. Elle forme de 0 à 15% des zones minéralisées. De façon générale, elle représente environ 10% de l'ensemble des constituants. Tout comme la chalcopryrite, la pyrrhotite est en remplissage de fractures et s'associe au quartz de seconde génération et à la calcite. En fait, elle possède les mêmes caractéristiques texturales et structurales que la chalcopryrite; cependant, elle n'est

jamais observée en inclusion dans l'axinite. Localement, la pyrrhotite contient des lamelles d'exsolution (en flammes) de pentlandite.

### Arsénopyrite

La proportion d'arsénopyrite, dans les zones minéralisées étudiées, varie de 0 à 60% de l'ensemble des constituants. Elle peut donc, exceptionnellement, constituer la principale phase métallique. Toutefois, de façon générale, la proportion d'arsénopyrite varie de 5 à 10%.

L'arsénopyrite forme des cristaux de 0,1 à 0,2 mm de taille ou des agrégats de cristaux. Elle est cataclasée, la plupart des grains étant fracturés et fragmentés. Toutefois, les fragments ont subi de très faibles déplacements, de l'ordre du millimètre (figure 27). L'arsénopyrite a donc subi une bréchification sur place. L'espace entre les grains est rempli de quartz fibreux (2<sup>e</sup> génération) (figure 27) ou de chlorite. De plus, on observe très fréquemment que les fractures contenues dans les cristaux d'arsénopyrite ou les espaces entre ceux-ci sont remplis de chalcoppyrite ou, plus rarement, de pyrrhotite. Là où la chalcoppyrite est abondante, elle forme une matrice dans laquelle baigne l'arsénopyrite.

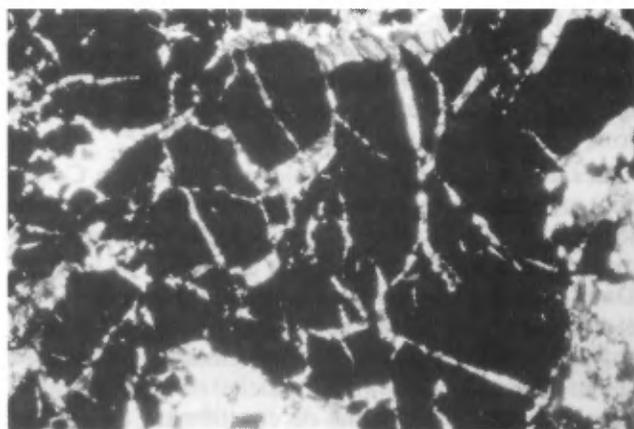


FIGURE 27 — Photomicrographie montrant le très faible déplacement des fragments d'arsénopyrite cataclasée et le quartz fibreux en remplissage de fractures (lumière transmise et nicol simple). Largeur de la photo : 5,5 mm.

### Pyrite

On observe de la pyrite là où l'arsénopyrite est peu abondante ou absente. La pyrite représente alors 4 à 5% de l'ensemble des constituants. Toutefois, localement (forage U-15331), elle peut représenter jusqu'à 65% de l'ensemble des constituants.

La pyrite forme des grains ( $\leq 3$  mm) ou des agrégats et présente les mêmes caractéristiques structurales et texturales que l'arsénopyrite. Elle est, en effet, pratiquement toujours cataclasée et cimentée par du quartz (2<sup>e</sup> génération), de la calcite, de la chlorite ou de la chalcoppyrite (figure 26). Par endroits, elle baigne dans une matrice de chalcoppyrite. De plus, on observe localement de la pyrite entre les lamelles des grains de marcasite.

### Or natif

Plus d'une centaine de plages d'or natif ont été observées lors de notre étude (figures 28, 29 et 30). Leur diamè-

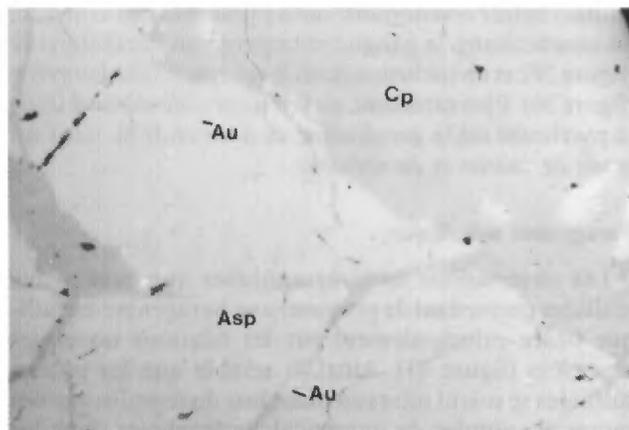


FIGURE 28 — Photomicrographie montrant des plages d'or (Au) dans la chalcoppyrite en remplissage de fractures de l'arsénopyrite (Asp) et de l'or en remplissage de fractures dans l'arsénopyrite (lumière réfléchie et nicols croisés). Largeur de la photo : 0,32 mm.

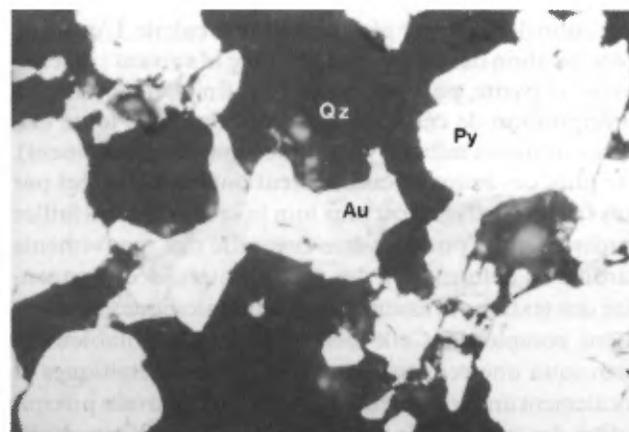


FIGURE 29 — Photomicrographie montrant des plages d'or (Au) au contact entre la gangue et la pyrite (Py) (lumière réfléchie et nicol simple). Largeur de la photo : 5,5 mm.

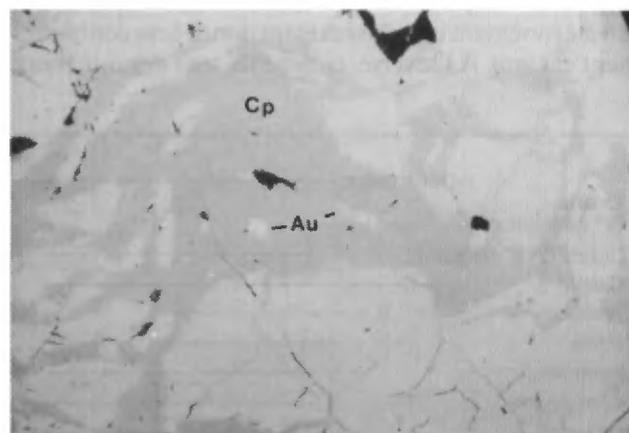


FIGURE 30 — Photomicrographie montrant des plages d'or (Au) en inclusion dans la chalcoppyrite (Cp) (lumière réfléchie et nicols croisés). Largeur de la photo : 5,5 mm.

tre varie de 0,0025 à 0,1 mm. L'or natif apparaît fréquemment : dans la chalcopryrite qui cimente les grains d'arsénopyrite et de pyrite (figure 28); en inclusion et en remplissage des fractures de ces deux mêmes minéraux (figure 28); au contact entre l'arsénopyrite ou la pyrite et la chalcopryrite; au contact entre la gangue et la pyrite ou l'arsénopyrite (figure 29); et en inclusion dans les plages de chalcopryrite (figure 30). Plus rarement, de l'or natif a été observé dans la pyrrhotite ou la gersdorffite et, à un endroit, dans un grain de calcite et de séricite.

### Paragenèse métallique

Les observations minéragraphiques que nous avons réalisées permettent de proposer une paragenèse métallique basée principalement sur les relations texturales observées (figure 31). Ainsi, il semble que les phases sulfurées se soient mises en place lors du remplissage des veines et veinules de quartz-calcite localisées dans les zones de cisaillement. L'intense cataclase subie par ces veines et veinules aurait engendré une néominéralisation de petits grains de quartz (2<sup>e</sup> génération) et créé des ouvertures permettant la mise en place et/ou la redistribution des sulfures, de l'or et, localement, d'une nouvelle injection de quartz (2<sup>e</sup> génération) et de calcite. L'ordre de précipitation des sulfures serait donc le suivant : arsénopyrite et pyrite, puis pyrrhotite et enfin chalcopryrite. La précipitation de ces phases s'est produite, de toute évidence, dans un milieu dynamique (zone de cisaillement). De plus, ces zones de cisaillement ont été recoupées par des failles tardives (voir plus loin la section sur les failles tardives) qui y ont peut-être engendré des mouvements tardifs. La déformation des zones minéralisées a engendré des textures et assemblages minéralogiques relativement complexes. Cette déformation a probablement provoqué une redistribution des phases métalliques et localement une nouvelle dissolution et une nouvelle précipitation des sulfures. Comme la réponse aux déformations des minéraux métalliques dépend principalement de leur dureté (Vokes, 1969; Craig & Vaughan, 1981; et Cox & Etheridge, 1984), les effets ont donc été très différents selon leur composition. Ainsi, l'arsénopyrite et la pyrite ont été fortement cataclasées étant donné leur comportement cassant. À l'inverse, comme ils sont des minéraux

beaucoup plus mous, la chalcopryrite et la pyrrhotite ont été déformées de façon plastique et ont migré dans les fractures de l'arsénopyrite et de la pyrite. Les signes de la déformation de la chalcopryrite et de la pyrrhotite sont difficiles à observer, car, si ces minéraux se déforment facilement, ils recristallisent également très facilement (Craig & Vaughan, 1981). D'après nos observations pétrographiques, l'apparition de l'or coïncide avec celle des sulfures, en particulier celle de la chalcopryrite et de la pyrrhotite. La présence d'or en remplissage de fractures dans l'arsénopyrite et la pyrite est peut-être causée par le potentiel électrochimique élevé de ces deux phases métalliques (Sakharova & Lobacheva, 1967), créant ainsi un milieu favorable à la précipitation de l'or.

## Distribution de la minéralisation

### CONTRÔLE STRUCTURAL

Deux zones minéralisées sont exploitées à la mine Cooke. Ces zones sont connues sous le nom de veines n° 7 et n° 9. En fait, chacune de ces veines correspond à un ensemble de plusieurs zones de cisaillement minéralisées (parfois 4 ou 5) de même orientation. La largeur de chacune de ces zones de cisaillement varie de moins de 3 cm à plus de 13 m. Dans l'ensemble toutefois, la largeur des cisaillements minéralisés exploités varie 2 à 3 m. Comme les caractéristiques structurales et minéralogiques des veines n° 7 et n° 9 sont identiques, nous les décrivons simultanément.

Les zones minéralisées exploitées à la mine Cooke sont principalement contenues dans des zones de cisaillement ductiles-cassantes (Ramsay, 1980). Localement, la minéralisation est localisée dans des veines de tension. Dans les zones de cisaillement, le gabbro est mylonitisé et de couleur noir lustré. Ces cisaillements se manifestent par des zones très schisteuses et injectées de nombreuses veines et veinules de quartz ( $\pm$  calcite) orientées parallèlement au mur de la zone de cisaillement ou parfois discordantes. La largeur de ces veines peut atteindre 60 cm. Afin de déterminer les orientations moyennes de ces cisaillements, nous avons réalisé une compilation statistique des mesures des zones que nous avons cartographiées aux niveaux 4, 5 et 6. De plus, nous avons considéré toutes les zones de cisaillement indiquées sur les plans de la mine pour ces mêmes niveaux. Au total, 336 orientations de cisaillement ont été retenues; 95 proviennent de nos mesures et 241 des données apparaissant sur les plans de la mine. Les figures 32, 33 et 34 présentent, à l'aide de stéréogrammes équiangles, le sommaire de nos résultats. On constate à tous les niveaux deux orientations préférentielles de cisaillement : E-W ( $260^\circ$  à  $284^\circ$ ) et NW-SE ( $292^\circ$  à  $324^\circ$ ). La figure 35, représentant une compilation de toutes les orientations des zones de cisaillement présentes aux niveaux 4, 5 et 6, montre une variation continue de l'orientation. Toutes les orientations comprises entre celles E-W et celles NW-SE sont possibles. De plus, le pendage varie du N au S. En effet, aux niveaux 4, 5 et 6 (figures 32, 33 et 34), on constate que le pendage des

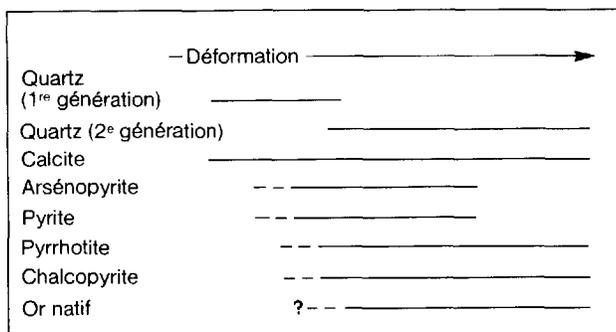


FIGURE 31 — Paragenèse métallique basée sur les relations texturales observées à la mine Cooke.

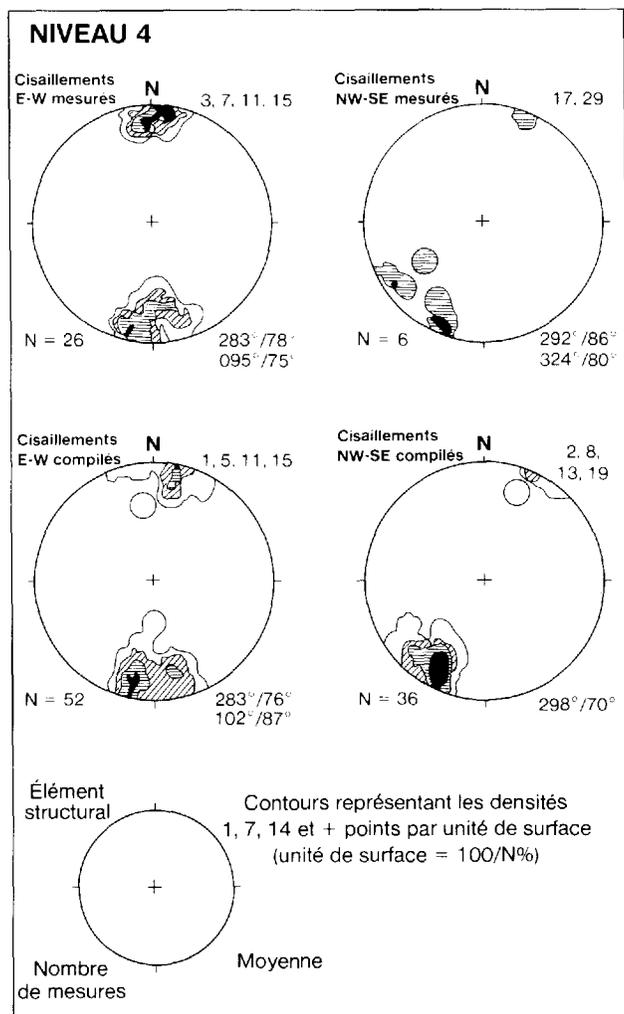


FIGURE 32 — Stéréogramme équiaire des pôles des plans de cisaillement mesurés et compilés au niveau 4 de la mine Cooke.

zones de cisaillements E-W varie du N au S; le pendage dominant est vers le N pour les niveaux 4 et 6 (figures 32 et 34) et vers le S pour le niveau 5 (figure 33). Cette variation est révélée à la fois par nos données et par celles compilées à partir des plans de la mine. Les zones de cisaillement orientées vers le NW ont un pendage généralement vers le N, et ce, quel que soit le niveau. On constate tout de même la présence de cisaillements NW-SE à pendage vers le S aux niveaux 5 et 6 (figures 33 et 34). De plus, les pendages des cisaillements NW-SE que nous avons mesurés varient assez fortement : le pendage moyen est de 86° au niveau 4, 43° au niveau 5 et 58° au niveau 6. De même, pour les données de la mine, le pendage varie de 70° au niveau 4 à 78° au niveau 5 et 55° au niveau 6. Ces variations de direction et de pendage nous apparaissent très significatives dans l'interprétation de la genèse de ces cisaillements. Elles seront considérées à nouveau à la fin de cette section.

En coupe, les contacts entre les limites de la zone de cisaillement et l'encaissant sont fréquemment abrupts. Les relations observées entre les murs du cisaillement et la schistosité, à l'intérieur de la zone de cisaillement, indi-

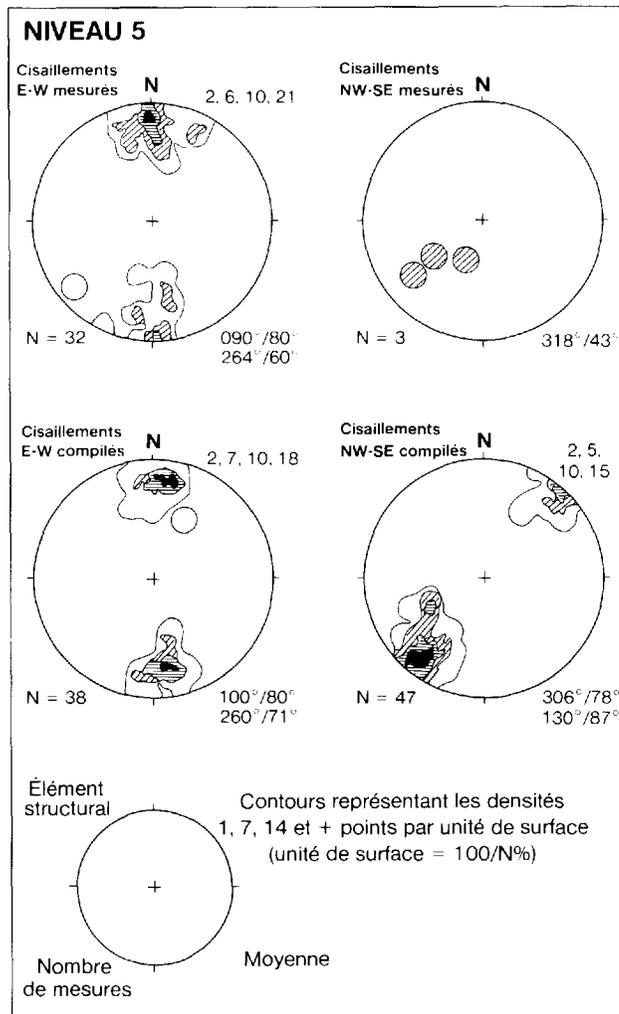


FIGURE 33 — Stéréogramme équiaire des pôles des plans de cisaillement mesurés et compilés au niveau 5 de la mine Cooke.

quent un mouvement inverse. Nous présentons aux figures 36 et 37 deux exemples typiques de cisaillements observés en coupe. La zone de cisaillement de la figure 36A a été cartographiée au niveau 6 (veine n° 7). On y observe un contact franc entre la zone de cisaillement et l'encaissant leucogabbroïque. Plusieurs discontinuités sont présentes à l'intérieur de la zone de cisaillement. La figure 36B est une représentation schématique des éléments structuraux à considérer. La schistosité dominante a une attitude de 294°/66°. La relation angulaire entre cette schistosité et la limite de la zone de cisaillement (309°/45°) indique un mouvement inverse, donc un chevauchement. En plan, cette même relation angulaire indique un mouvement dextre. On note également la présence de plusieurs veines et veinules de quartz-calcite. Par analogie avec la figure 36C, basée sur des modèles théoriques (Tchalenko, 1968; Lajtai, 1969 et Mandl *et al.*, 1977), on peut considérer que la veine de quartz ( $\pm$  calcite) orientée parallèlement au cisaillement est localisée dans un cisaillement de type «D», et que les veinules de calcite-quartz dont l'attitude est de 285°/71° se sont mises en place dans des cisaillements de type «P».

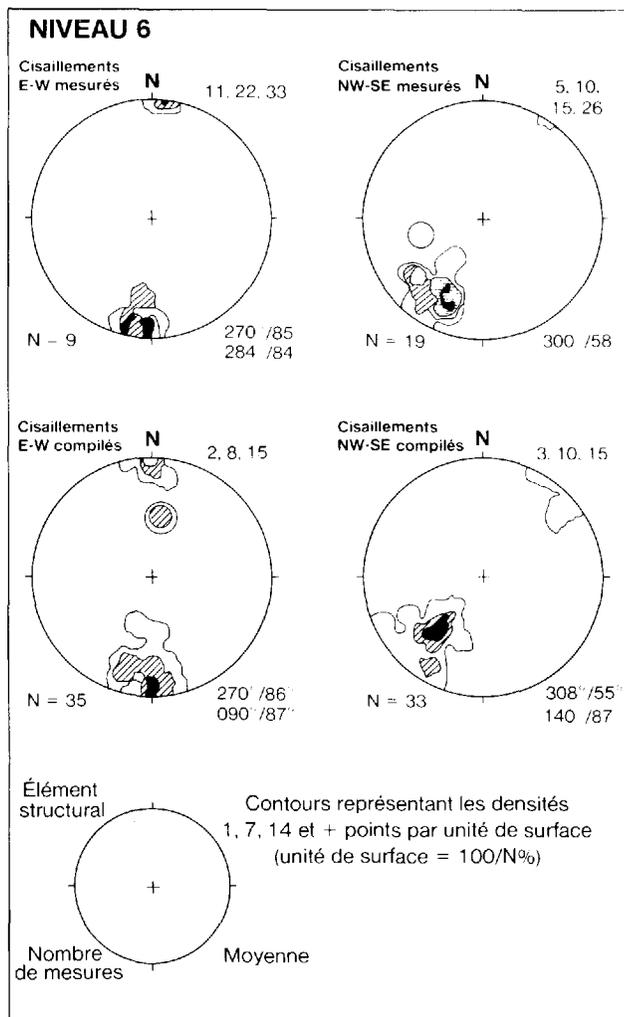


FIGURE 34 — Stéréogramme équiaire des pôles des plans de cisaillement mesurés et compilés au niveau 6 de la mine Cooke.

Tous ces éléments structuraux mesurés font de cette zone une zone de cisaillement inverse dextre typique.

Nous présentons à la figure 37 un exemple typique de zone de cisaillement avec veines de quartz subhorizontales. Cette zone a été cartographiée au niveau 6 et est associée à la veine n°9. On constate à nouveau que la relation angulaire entre la schistosité ( $265^{\circ}/87^{\circ}$  ou  $097^{\circ}/87^{\circ}$ ) et l'orientation générale du cisaillement ( $281^{\circ}/74^{\circ}$ ) indique des mouvements relatifs dextres, tandis que cette même relation observée en coupe indique un mouvement inverse. De plus, les veines de quartz ( $\pm$  calcite) subhorizontales ( $243^{\circ}/28^{\circ}$  et  $258^{\circ}/34^{\circ}$ ), du type *tension gashes*, développées à l'extérieur de la zone de cisaillement présentent une relation angulaire propre aux zones de cisaillement à rejet inverse. Enfin, par analogie avec les modèles théoriques, on constate la présence de fractures de type «R» et de veinules de quartz-calcite discontinues, orientées subparallèlement au cisaillement et donc mises en place dans des cisaillements de type «D». Ainsi, la géométrie de ces deux exemples montre que les zones de cisaillement cartographiées à la mine Cooke sont des cisaillements inverses dextres.

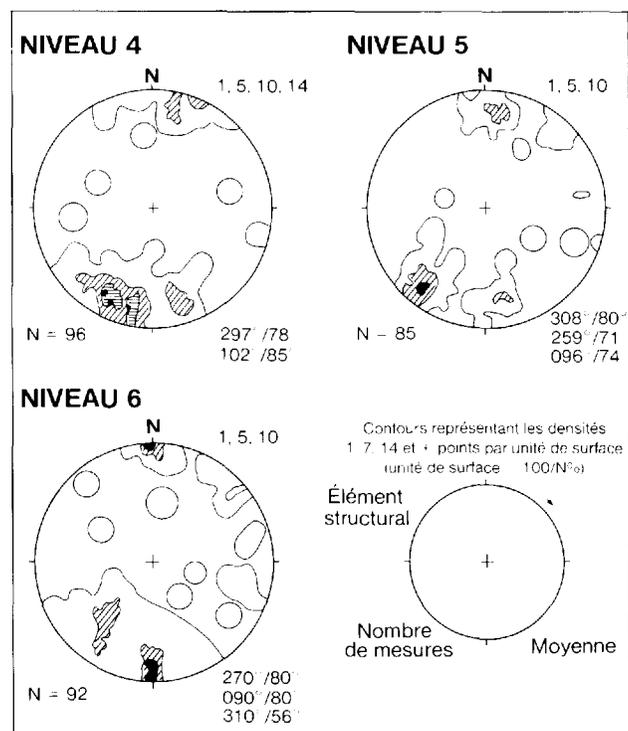


FIGURE 35 — Stéréogramme équiaire des pôles des plans de cisaillement (E-W, NW-SE et autres) compilés au niveaux 4, 5 et 6 de la mine Cooke.

Le mouvement dextre suggéré par la relation entre la schistosité et le cisaillement est confirmé par la présence de linéations et de stries souvent très spectaculaires observées sur les plans de cisaillement ou de schistosité. Le stéréogramme présenté à la figure 38 montre de plus que les linéations mesurées se situent dans deux champs opposés. En effet, les linéations mesurées sur les zones de cisaillement à pendage N se situent dans le quatrième cadran alors que celles mesurées sur les cisaillements à pendage S se situent dans le deuxième cadran. Toutefois, ces stries ont un assez fort plongement, ce qui suggère que le mouvement dominant est à rejet inverse, mais comporte une composante latérale dextre. Selon la classification de Ramsay (1980), ces zones de cisaillement correspondent à des cisaillements du type ductile-cassant, c'est-à-dire des zones de cisaillement où le déplacement des murs s'est d'abord accompli par écoulement ductile, comme le suggère le développement de la schistosité et des stries, puis, ultérieurement, par déformation cassante, comme le suggère la mise en place des veines de quartz-calcite à l'intérieur même des zones de cisaillement. À l'extérieur des zones de cisaillement, le gabbro est peu ou pas déformé. Outre des fractures en tension remplies de calcite ou, plus localement d'axinite, la roche ne semble affectée par aucune discontinuité structurale et la schistosité régionale  $S_2$  semble, à l'échelle mégascopique, presque absente.

Des relations de recoupement très nettes observées en plan entre les zones de cisaillement E-W et les zones de cisaillement NW-SE ont été cartographiées. Ces recoupements ont engendré des déplacements dextres de quelques

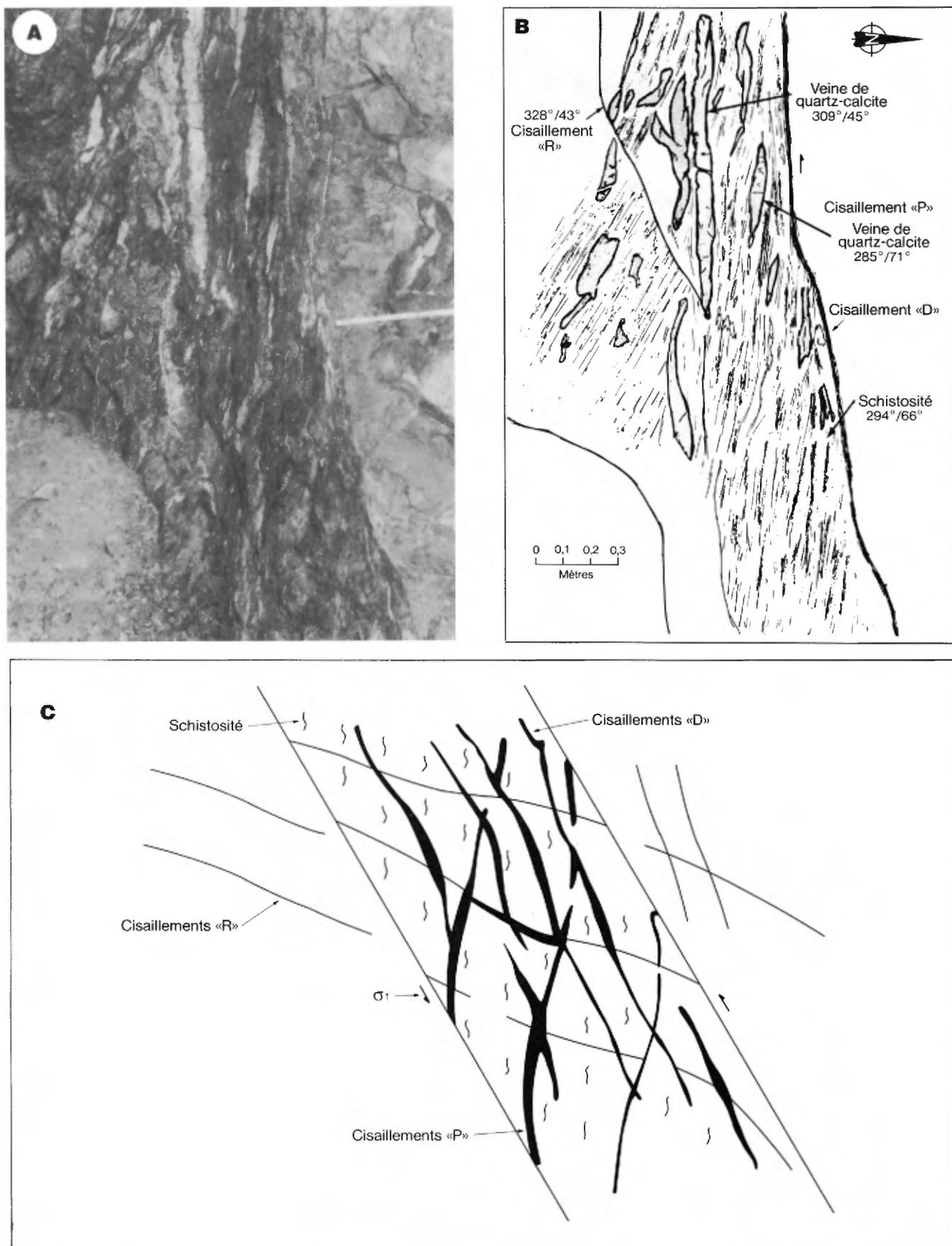


FIGURE 36 — Photographie (en A) et schéma (en B) d'une zone de cisaillement cartographiée au niveau 6 (veine n° 6-74-13) de la mine Cooke. En C, aspect théorique d'une zone de cisaillement. Modifiée d'après Guha *et al.*, 1983.

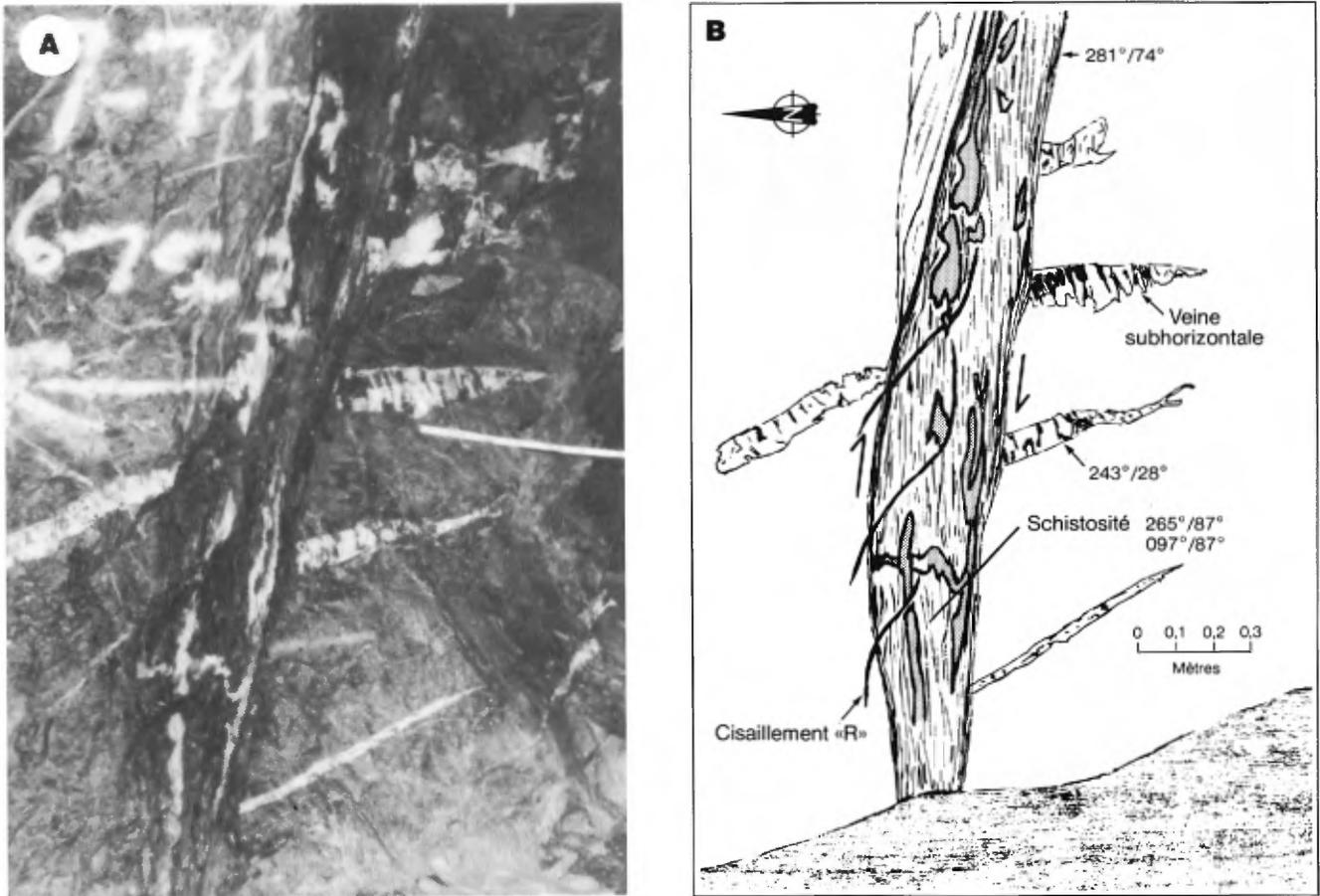


FIGURE 37 — Photographie (en A) et schéma (en B) d'une zone de cisaillement cartographiée au niveau 6 (veine n° 9) de la mine Cooke.

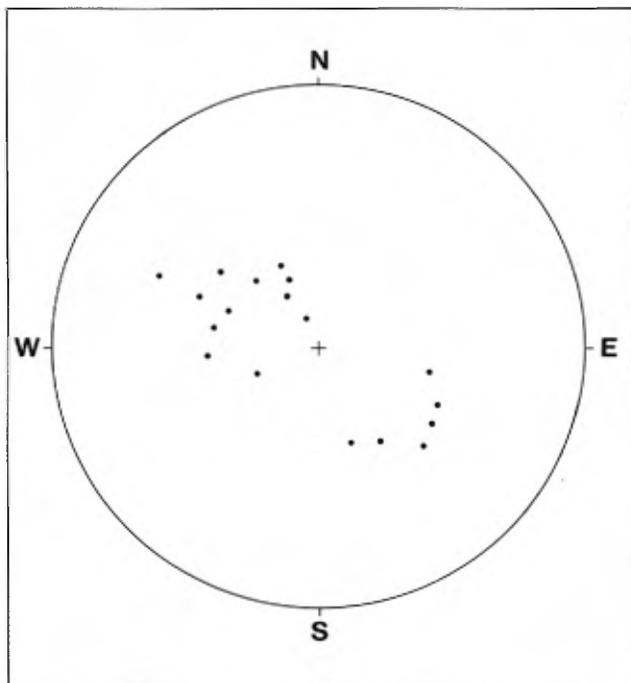


FIGURE 38 — Stéréogramme équaire des linéations associées aux zones de cisaillement cartographiées à la mine Cooke.

mètres. L'interprétation que nous faisons de ces recouvrements de zones de cisaillement minéralisées est qu'il s'agit de cisaillements inverses dextres qui se sont propagés dans un mouvement de bifurcation en sens horaire, créant ainsi des intersections et des recouvrements entre cisaillements issus d'un même système de contraintes, tel que proposé par Ramsay (1980) (figure 39). Ainsi, ce

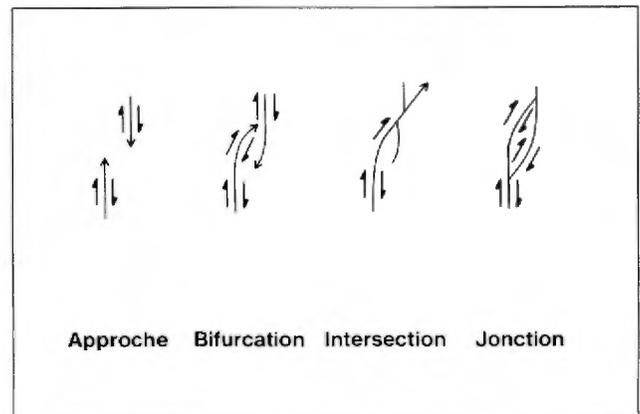


FIGURE 39 — Modèle de propagation des zones de cisaillement dextres selon Ramsay (1980).

mode de propagation, par bifurcation en sens horaire des zones de cisaillement dextres, permet d'expliquer pourquoi l'orientation des zones de cisaillement varie en plan d'E-W à NW-SE et en coupe du N au S. Les zones de cisaillement ayant en effet une forte composante inverse, le mouvement de bifurcation est également présent selon la verticale et se manifeste par des variations marquées du pendage.

### FAILLES TARDIVES

Dans le secteur de la mine Cooke, plusieurs failles tardives cassantes à ductiles-cassantes sont observées. En effet, la mine Cooke est actuellement délimitée à l'est et à l'ouest par des failles NE-SW senestres. De plus, comme nous l'avons précédemment mentionné, elle est située entre deux failles régionales, la faille du lac Gwillim et la faille Chibougamau Copper (figure 8). Nous présentons maintenant un sommaire des observations réalisées sur ces discontinuités et leurs interrelations possibles.

Les zones de cisaillement minéralisées (veines n° 7 et n° 9) précédemment décrites sont nettement entraînées et recoupées par des failles tardives dont l'orientation varie de NE à ENE localement, et dont le pendage est généralement vers le N (figure 8). La largeur de ces failles est d'ordre millimétrique à d'ordre centimétrique. Elles se caractérisent par un mince plan de discontinuité (miroir de faille) lisse et rectiligne, constitué de matériel aphanitique de couleur brunâtre résultant du broyage intense subi par la roche (*gouge*). Mégascopiquement, ce matériel semble constitué de roche broyée et recristallisée. De part et d'autre de ces plans de faille, la roche est fortement chloritisée, parfois schisteuse et injectée de veinules de calcite. Fréquemment, la zone de faille contient de l'axinite. L'effet de ces failles est particulièrement spectaculaire au 6<sup>e</sup> niveau (veine n° 7) (figure 40), où l'on observe que la zone de cisaillement qui contient la minéralisation est nettement recoupée à deux endroits par des failles à  $241^{\circ}/56^{\circ}$  et  $253^{\circ}/66^{\circ}$  dans un mouvement oblique senestre. Ce mouvement est suggéré par l'entraînement

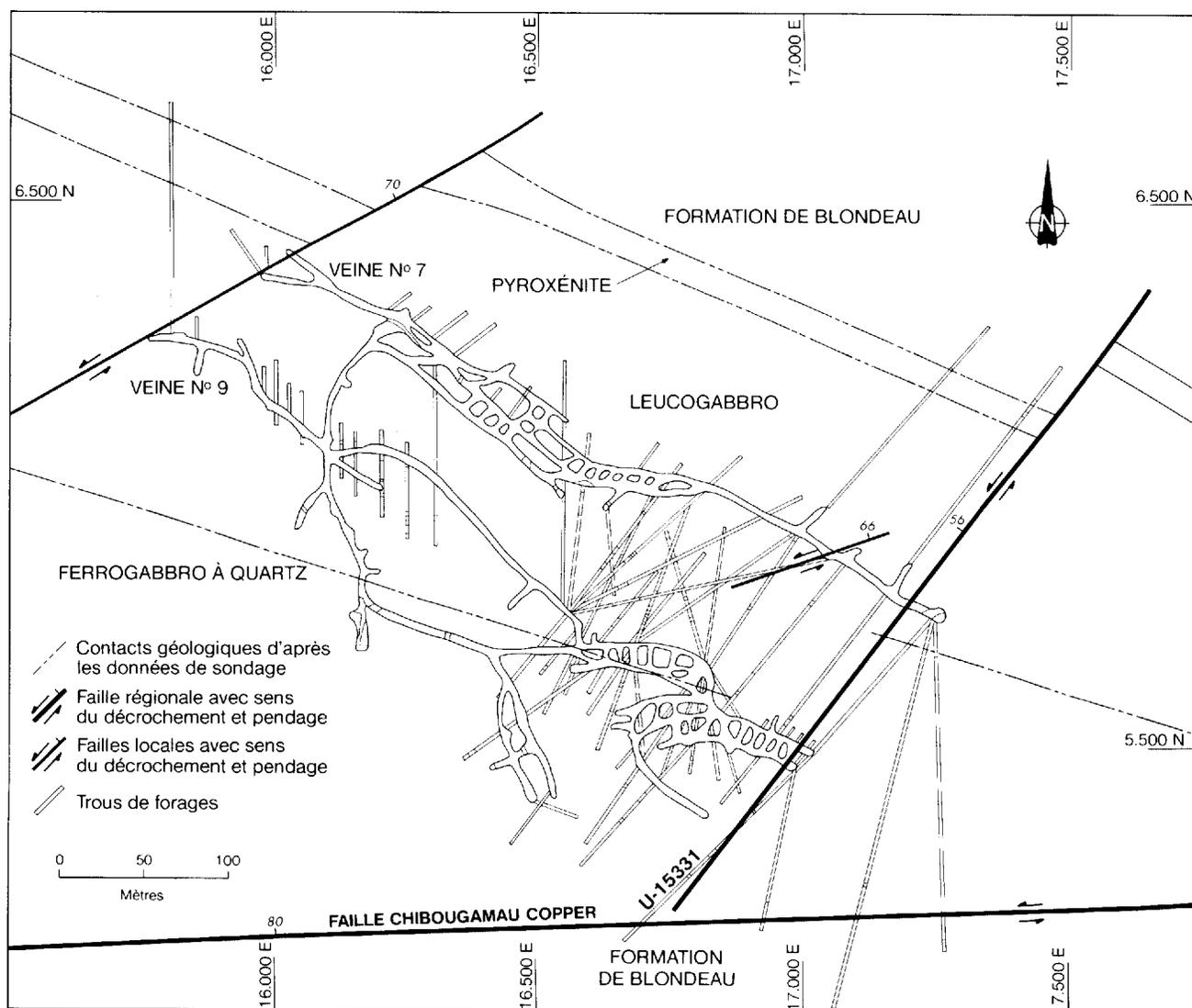


FIGURE 40 — Plan géologique du niveau 6 à la mine Cooke. Modifiée d'après une compilation de la mine Cooke.

de la zone de cisaillement en bordure du plan de faille, par la mesure de stries ( $048^{\circ}/34^{\circ}$ ) sur un de ces plans de discontinuité et, finalement, par les données de forage qui confirment, sans aucun doute, l'entraînement senestre. Le déplacement horizontal évalué d'après les forages est de l'ordre de 60 à 80 m (figure 40). Le mouvement senestre associé à ces failles concorde avec celui proposé par Gobeil & Racicot (1983) et par Explorations Falconbridge Copper; il apparaît sur la carte de compilation de la géologie de surface de la compagnie. Nous avons également observé, localement, la présence de failles N-S à mouvement oblique dextre. Toutefois, le déplacement des zones de cisaillement minéralisées, sous l'effet de ces failles, semble beaucoup plus faible (de l'ordre d'un mètre à quelques mètres).

La faille Chibougamau Copper a été observée au 10<sup>e</sup> niveau de la mine Cooke. Il s'agit d'une zone de faille de 15 à 30 m qui met en contact des roches chertueuses de la Formation de Blondeau et des gabbros du filon-couche de Bourbeau. Dans cette zone, on observe plusieurs plans de discontinuités (miroirs de faille) lisses et rectilignes, constitués de matériel brunâtre à grain très fin (*gouge*). De part et d'autre de ces plans de failles, on note que la roche est extrêmement broyée et chloritisée. L'encaissant gabbroïque présente localement des plans de schistosité à  $085^{\circ}/87^{\circ}$ . Finalement, nous avons observé localement des veinules de calcite ( $\pm$  quartz) dans le gabbro mylonitisé. Toutefois, aucune minéralisation significative n'a été trouvée dans cette zone de failles. L'attitude moyenne des plans de faille est de  $260^{\circ}/85^{\circ}$ , mais le pendage varie de fortement N à fortement S. La relation entre la schistosité ( $085^{\circ}/87^{\circ}$ ) accolée au plan de faille, mettant en contact les roches de la Formation de Blondeau avec celles du filon-couche de Bourbeau, indique un mouvement inverse senestre. Des stries mesurées sur des plans de failles ont des plongements d'une trentaine de degrés et suggèrent un mouvement oblique senestre. Ces éléments structuraux concordent avec le mouvement senestre proposé par Gobeil & Racicot (1983) et Minnova inc. (carte de compilation de la géologie de surface). L'amplitude du déplacement senestre alors proposée est de l'ordre de 300 m.

La zone de faille connue sous le nom de faille du lac Gwillim est observée à la mine Cooke au 7<sup>e</sup> niveau, dans la galerie joignant la mine Cooke à la mine Robitaille. Cette galerie permet de voir en coupe l'ensemble de la zone de faille. On y observe une zone d'au moins 120 m de largeur marquée par de nombreux plans de discontinuités (cisaillements ou clivages) orientés à  $050^{\circ}$  ( $\pm 20^{\circ}$ ) et à pendage vers le S ( $60^{\circ}$ ) ainsi que par d'autres plans subparallèles au premier, orientés à  $240^{\circ}$  ( $\pm 15^{\circ}$ ) dont le pendage est de l'ordre de  $60^{\circ}$  vers le N. Toutefois, le plan de faille principal observé dans cette zone est lisse et rectiligne; il est orienté à  $243^{\circ}$  et a un pendage vers le N de  $60^{\circ}$ . Associée à ce plan de faille, se trouve une zone très schisteuse d'environ 1,5 m de largeur, injectée de quelques veinules de calcite ( $\pm$  quartz) subparallèles à l'orientation même de la faille. Cette faille correspond, d'après sa position et les données de forage dont dispose la compagnie Minnova inc., à la trace de la faille du lac Gwillim

dans le secteur de Chapais. Les relations stratigraphiques observées en surface, de part et d'autres de cette faille, impliquent un mouvement senestre de l'ordre de 3 à 5 km (Gobeil & Racicot, 1983; et Dimroth *et al.*, 1984c).

Toutes ces failles possèdent une morphologie comparable et semblent postérieures aux zones de cisaillement minéralisées. Elles sont en effet toutes stériles. Il est donc possible qu'elles soient synchrones. Si tel est le cas, une comparaison avec les modèles théoriques de Tchalenko (1968), Lajtai (1969) et Mandl *et al.* (1971) indique que le plan de faille principal de la zone de faille du lac Gwillim mesuré sous terre pourrait correspondre au cisaillement principal «D» alors que la faille Chibougamau Copper serait un cisaillement «P» associé au cisaillement principal. Les failles NE-SW et ENE qui limitent les extensions est et ouest actuelles de la mine Cooke s'associeraient alors respectivement au cisaillement principal «D» et au cisaillement «P». Les failles N-S à composante dextre, observées localement, seraient alors des cisaillements «R».

## MODÈLES STRUCTURAL ET MÉTALLOGÉNIQUE

Les résultats de l'analyse structurale ainsi que les relations chronologiques entre les différents éléments nous permettent d'élaborer un modèle expliquant la relation spatiale entre les grandes structures NE-SW (failles du lac Gwillim, du lac Doré et du lac Taché) et la minéralisation dans la région de Chibougamau (figure 1). Selon Gobeil & Racicot (1984), la présence d'une structure NE-SW apparaît comme le dénominateur des mines ou indices. Toutefois, les travaux que nous avons réalisés à la mine Cooke démontrent que les zones de cisaillement aurifères sont recoupées par des failles NE-SW senestres associées à la faille du lac Gwillim, remettant ainsi en question le lien génétique entre l'événement minéralisateur et la faille NE dans ce secteur. Nous croyons toutefois que le lien spatial entre les gîtes et la structure peut être expliqué par une déformation progressive. En effet, dans la région étudiée la contrainte principale N-S provoquée par l'orogénie kénoréenne (figure 41) a d'abord engendré la formation des grands plis régionaux E-W. La poursuite de cette déformation a provoqué la formation de zones de cisaillement E-W ductiles-cassantes orientées subparallèlement aux plans axiaux des plis régionaux. La minéralisation s'est mise en place lors de ce dernier événement. Cette interprétation est indiquée ailleurs dans la région de Chibougamau. À titre d'exemple, Bouchard (1987) mentionne, dans ses travaux sur la mine Gwillim (figure 1), que la minéralisation aurifère est associée aux structures E-W et que celles-ci sont recoupées par la faille Gwillim. Il semble également que la minéralisation aurifère de la mine Chibex (Joe Mann) (Archer, communication personnelle, 1986) soit associée aux structures E-W malgré la proximité d'une structure NE-SW régionale (figure 1).

Par la suite, la déformation kénoréenne aurait ultimement produit, dans le secteur de Chapais, la formation des failles NE-SW, NW-SE et ENE. La limite de plasticité du matériau ayant été dépassée, la déformation serait alors devenue plutôt cassante, engendrant ainsi ces grandes

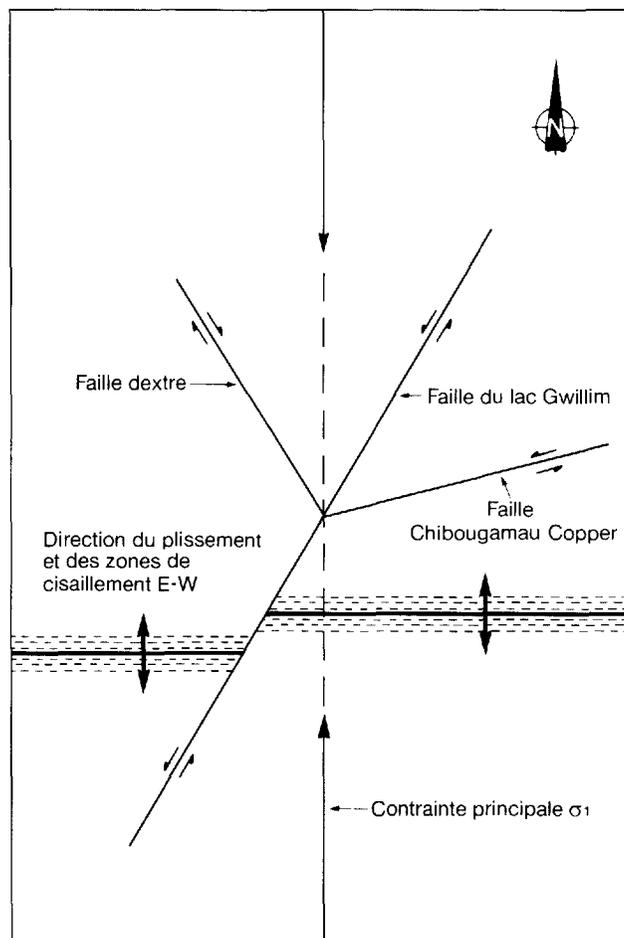


FIGURE 41 — Modèle structural expliquant les relations spatiale et génétique entre les grandes structures NE-SW et la minéralisation dans la région de Chibougamau.

structures NE-SW qui recourent les cisaillements aurifères E-W observés à la mine Cooke. L'ensemble des structures observées seraient donc issues d'un même système de contraintes ayant provoqué des discontinuités structurales dont l'orientation est variable dans l'espace et dans le temps. Ainsi, si plusieurs mines et indices sont localisés à proximité des grandes structures NE-SW, c'est que ces dernières se sont développées dans les secteurs les plus déformés, là où les structures E-W, auxquelles s'associe une grande partie de la minéralisation, s'avèrent particulièrement bien développées.

Nous croyons qu'il ait pu y avoir une période pendant laquelle les deux systèmes de contraintes ont été actifs, c'est-à-dire que pendant que les zones de cisaillement E-W continuaient à se développer, les roches ont commencé à subir les effets d'une déformation locale NE-SW dont le développement n'avait pas encore atteint le stade final de la fracturation engendrant les failles cassantes. Durant cette période, l'interaction des deux systèmes de contraintes locales aurait produit une dilatation accrue à l'intérieur des zones de cisaillement E-W, localisées à proximité du système NE-SW, favorisant ainsi la mise en place de la minéralisation aurifère (Guha *et al.*, sous presse).



# Mine Norbeau

## Introduction

La mine Norbeau est une mine d'or du type filon de quartz, tout à fait typique des mines d'or de l'Abitibi. Découverte en 1930 par les prospecteurs Gilligan et Maloney, la propriété fut prise sous option par Noranda Mines en 1933. En 1959, Noranda Mines vendait ses intérêts à la compagnie Little Long Lac Gold Mines. La production a débuté en 1964 et s'est terminée en 1969. Au total, 419 029 tonnes de minerai titrant 13,4 g/t Au et 1,64 g/t Ag ont été produites (Canadian Mines Handbook, 1974-1975). La compagnie Consolidated Copper Lode possède les droits miniers de la mine Norbeau depuis sa fermeture en 1969. De 1980 à 1982, la compagnie Campbell Ressources a détenu une option sur la mine. Elle a effectué des travaux de sondage (veine New Vein) et dénoyé la mine. Depuis l'été 1985, les mines Northgate Patino l'ont prise sous option. Les réserves prouvées des veines n° 1 et n° 4 sont de 110 000 tonnes à 7,6 g/t d'au (Malouf, 1984) alors que les réserves présumées de l'ensemble de la propriété sont évaluées à 750 000 tonnes à 6,17 g/t d'au (Lavergne, 1985 et Whiteway, 1986).

## Localisation

La mine Norbeau est localisée dans le canton de McKenzie (feuille SNRC 32 G/16), à environ 5 km au nord-est de la ville de Chibougamau (figure 42).

## Contexte géologique

La mine Norbeau se situe sur le flanc sud du synclinal de Chibougamau (figure 42). Ce dernier constitue une structure majeure d'orientation E-W qui plisse la Formation de Blondeau et les filons-couches du Complexe de Cummings. À l'ouest, le synclinal plonge faiblement vers l'E alors que vers l'est, il plonge faiblement vers l'W (Duquette, 1982). Le flanc sud du synclinal se caractérise par la présence d'un pli d'entraînement connu sous le nom d'anticlinal de Roberge (Duquette, 1982).

Dans ce secteur, on note de nombreuses failles dont les plus importantes sont la faille du lac Gwillim, qui engendre vers l'ouest un déplacement senestre du synclinal de Chibougamau, et la faille de McKenzie-Narrow qui pro-

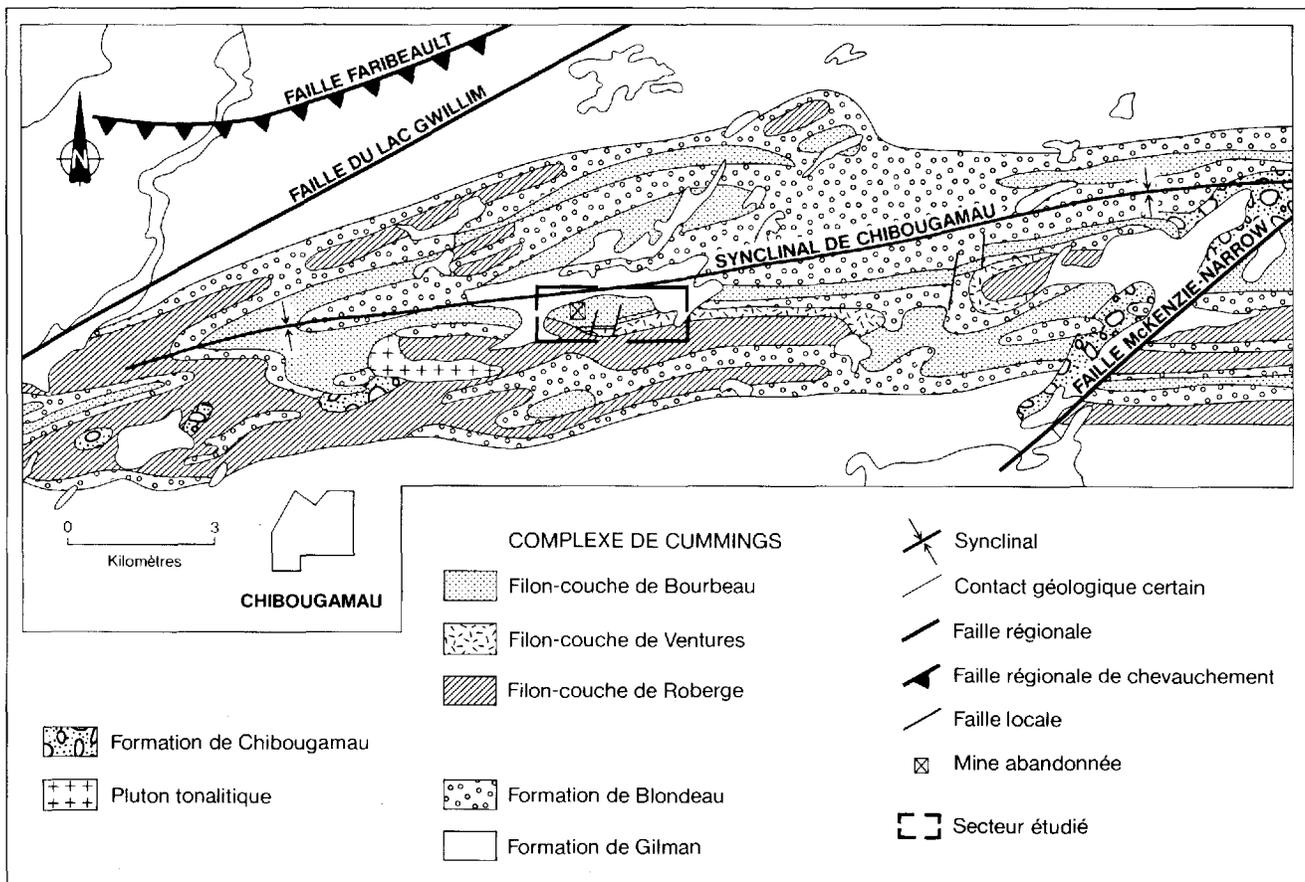


FIGURE 42 — Localisation et cadre géologique de la mine Norbeau. Modifiée d'après MER et MRNO, 1984.

voque, vers l'est, un déplacement dextre. De plus, des failles longitudinales E-W sont également rapportées par Daigneault & Allard (1984) et par Pilote (1986).

## Géologie locale

### INTRODUCTION

L'environnement géologique immédiat de la mine Norbeau se caractérise par la présence de plusieurs zones de cisaillement. Celles-ci contiennent les veines aurifères n° 1 (35°E/50°S) et n° 4 (orientée N-S et à pendage de 60° vers l'est) qui ont été exploitées de 1964 à 1969, et les veines aurifères E-W (n° 2, Sharpe, New Vein et Mann) (figure 43). De plus, dans le secteur sud-ouest, on observe, au sommet du filon-couche de Roberge, une faille longitudinale.

La stratigraphie locale (figure 43) se résume, de la base au sommet, par : la présence discontinue de roches ultramafiques (dunités magnétiques) du filon-couche de Roberge; une faible épaisseur de pyroxénites (vertes et non magnétiques) et de gabbros du filon-couche de Ventures; des sédiments volcanoclastiques, des tufs et un horizon sulfuré qui appartiennent à la Formation de Blondeau; et le filon-couche de Bourbeau. Le filon-couche de Bourbeau, hôte de la minéralisation à Norbeau, est différencié *in situ* en au moins quatre faciès pétrologiques, qui sont, de la base au sommet : une péridotite-pyroxénite, un leucogabbro, un ferrogabbro à quartz contenant des zones à rosettes de hornblende et une ferrodiorite à quartz avec localement des zones granophyriques. On observe plus localement, au sommet du filon-couche, la présence d'un ferrogabbro. La transition entre ces faciès est graduelle. Nous décrirons maintenant chacun de ces faciès.

### PÉTROGRAPHIE DES FACIÈS DU FILON-COUCHE DE BOURBEAU

#### Péridotite

La péridotite est observée à la base du filon-couche de Bourbeau. Son épaisseur moyenne est de 20 à 30 m. Il s'agit d'une roche de couleurs noire et rouille en surface altérée et noirâtre en cassure fraîche. Sa granulométrie est moyenne (1 à 3 mm). Elle est massive et magnétique. Elle possède une texture mésocumulus constituée de cumulats d'olivine altérée et d'intercumulats de clinopyroxène. La péridotite est formée (tableau 7) de 68% d'olivine, de 20% de clinopyroxène altéré, de 2% de magnétite et de 10% de chlorite secondaire localisée entre les cristaux. Les olivines se présentent en cristaux idiomorphes de 1 mm, pseudomorphosés par de la serpentine (antigorite) avec migration de magnétite en bordure des cristaux. Les clinopyroxènes sont pseudomorphosés par la hornblende basaltique et par des oxydes de fer qui ont migré dans les plans de clivage. Il est à noter qu'il existe peut-être des zones plus riches en pyroxène (pyroxénites) à l'intérieur de ce faciès.

#### Leucogabbro

Le leucogabbro possède une puissance moyenne de 150 à 180 m. Il s'agit d'une roche de patine et cassure blanches tachetées de vert. Sa granulométrie est dans l'ensemble moyenne (1 à 3 mm). Le leucogabbro est massif et relativement homogène. Toutefois, à la base de ce faciès, on observe un rubanement magmatique primaire marqué par des lits millimétriques à centimétriques constitués principalement de pyroxène (70%) alternant avec des lits plutôt riches en plagioclase (60%). Le leucogabbro possède une texture subophitique. Il est constitué, en moyenne de 49 à 59% de plagioclase calcique, 35% d'augite, de proportions variables d'orthopyroxène (0 à 12%), de 3% de titanomagnétite pseudomorphosée par le leucoxène, et de quartz dont la proportion varie, de la base au sommet, de 1 à 5% (tableau 7). Les plagioclases se présentent en cristaux idiomorphes de 0,5 à 1 mm totalement saussuritisés, témoignant ainsi de leur composition calcique primaire. Les augites sont, en général, partiellement ouralitisées par la hornblende verte et la trémolite. L'orthopyroxène est observé principalement à la base de ce faciès. Il s'agit de phénocristaux d'hypersthène pouvant atteindre 6 mm. Ceux-ci sont fréquemment pseudomorphosés par de la serpentine (bastite).

#### Ferrogabbro à quartz

Le ferrogabbro à quartz se localise au sommet du faciès leucogabbroïque. Sa puissance moyenne est de l'ordre de 120 à 180 m. Mégascopiquement, il se distingue facilement du leucogabbro par sa couleur vert foncé et par l'abondance de titanomagnétite/leucoxène. Vers le sommet, on note des zones de ferrogabbro à quartz grossier contenant des rosettes de hornblende et une plus grande proportion de quartz. Ces zones semblent discontinues, lenticulaires et de faible épaisseur.

Le ferrogabbro à quartz possède dans l'ensemble une texture panadiomorphe. Il est relativement homogène et localement magnétique. Il se compose (tableau 7) d'augite dont la proportion varie, de la base au sommet, de 50 à 35%, de 40 à 45% de plagioclase calcique, de 10% de titanomagnétite partiellement altérée en leucoxène, et de quartz dont la proportion varie de traces à 5%. Les augites sont pseudomorphosées par la hornblende verte. Les plagioclases forment des cristaux idiomorphes de 1 à 3 mm fortement saussuritisés et parfois partiellement chloritisés.

Dans les zones de ferrogabbro à rosettes de hornblende, la roche est grenue (1 mm à 1 cm). Elle possède une texture porphyrique à micropegmatitique. Elle est composée de plagioclase dont la proportion varie de 58 à 30%, de 25 à 57% de pyroxène, de 2 à 8% de titanomagnétite, de 5% de quartz et localement, d'intercroissances granophyriques (0 à 10%). Ces zones semblent correspondre à des lentilles micropegmatitiques plus ou moins continues.

#### Ferrodiorite à quartz et intercroissances granophyriques

Vers le sommet du filon-couche, on note une ferrodiorite à quartz. Sa puissance est de l'ordre de 90 à 120 m. Il

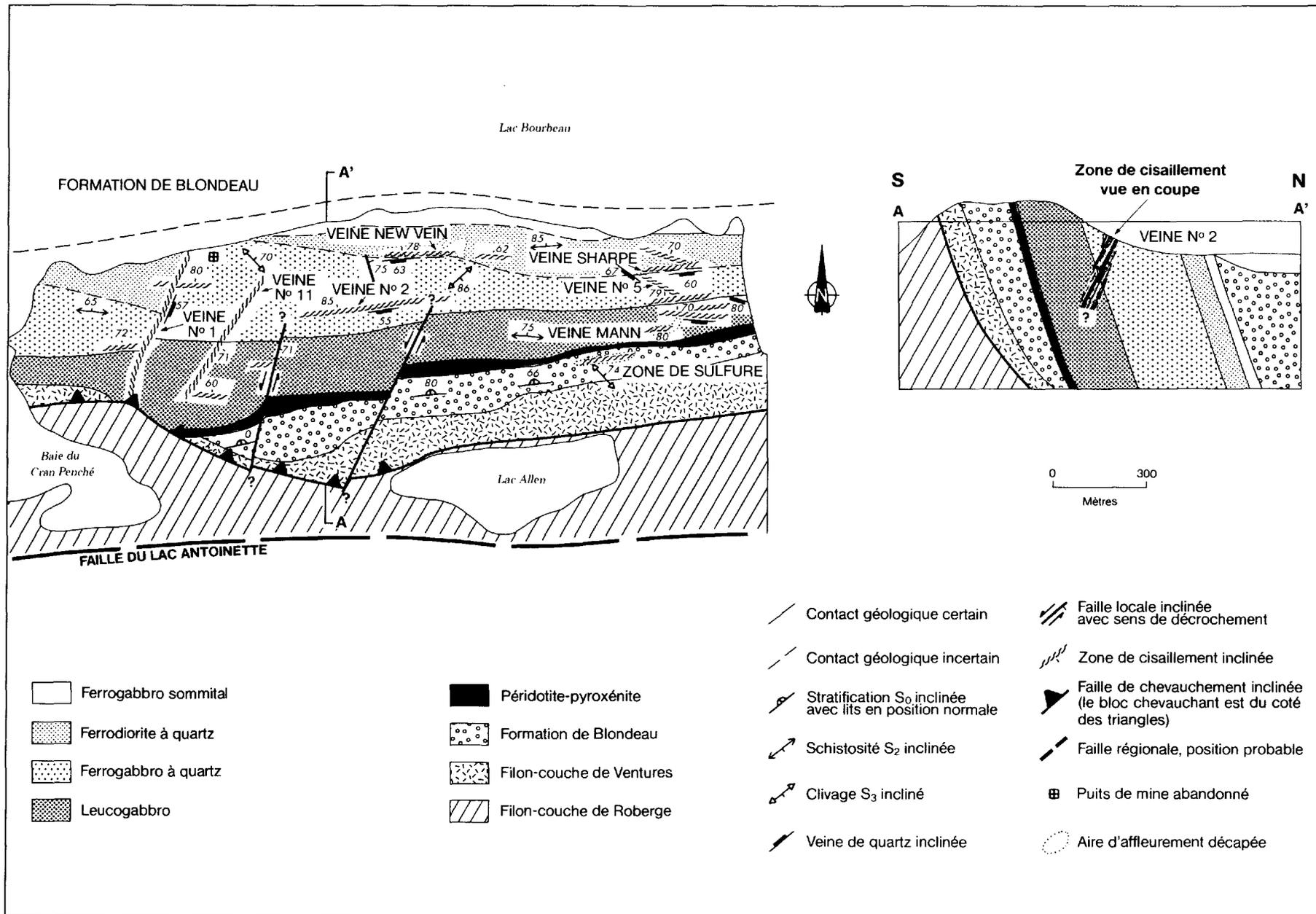


FIGURE 43 — Géologie de la mine Norbeau.

**TABLEAU 7 — Variations d'assemblages minéralogiques observés dans les faciès pétrologiques du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau**

N° d'échantillon	Faciès pétrologique	Olivine (%)	Pyroxènes (ortho) (%)	(clino) (%)	Plagioclases (%)	Titanomagnétite et(ou) leucoxène (%)	Quartz (%)	Intercroissances granophyriques (%)	Autres (chlorite/calcite) (%)
BD-PD-128-86	ferrogabbro sommital	-	-	20	57	15	8	-	-
BD-PB-495-85	granophyre	-	-	8	65	5	10	12	-
MY-PB-153-85	ferrodiorite à quartz	-	-	15	63	8	10	3	1
MY-PB-152-85	ferrodiorite à quartz	-	-	20	55	5	12	8	-
BD-PB-175-86	ferrogabbro à quartz	-	-	35	42	10	5	-	8
MY-PB-149-86	ferrogabbro à quartz	-	-	45	45	10	traces	-	-
MY-PB-43-86	ferrogabbro à quartz	-	-	50	40	10	traces	-	-
MY-PB-147-86	leucogabbro	-	8	35	49	3	5	-	-
MY-PB-44-86	leucogabbro	-	-	35	59	3	3	-	-
MY-PB-45-86	leucogabbro	-	12	35	50	2	1	-	-
MY-PB-145-86	péridotite	68	-	20	-	2	-	-	10

s'agit d'une roche de couleur vert blanchâtre et de granulométrie moyenne (1 à 3 mm). Toutefois, on observe localement des zones plus grenues (5 à 6 mm). La ferrodiorite à quartz possède une texture panidiomorphe. Elle est constituée (tableau 7) d'environ 60% de plagioclase sodique, de 15 à 20% de clinopyroxène, de 5 à 8% de titanomagnétite, de 10 à 12% de quartz et de 3 à 8% d'intercroissances granophyriques. Les plagioclases forment des cristaux idiomorphes d'albite contenant des inclusions de stilpnomélanes et chlorite. Les clinopyroxènes ont d'abord été pseudomorphosés par la hornblende verte et par la suite légèrement altérés par la chlorite, la calcite et la biotite. Le quartz et les intercroissances granophyriques forment des grains allotriomorphes de 1 à 3 mm. Finalement, les titanomagnétites sont fortement remplacées par le leucoxène. La transition entre les faciès ferrogabbroïque et ferrodioritique n'est pas toujours facile à établir. En général, la patine de la ferrodiorite est plus pâle et son contenu en quartz est  $\geq 10\%$ .

Localement, des zones granophyriques sont observées (échantillons BD-PB-495-85 et BD-PB-534-85). La roche possède alors une patine blanche caractéristique. De granulométrie moyenne, elle est alors composée (tableau 7) d'environ 65% de plagioclase, de 12% d'intercroissances granophyriques, de 10% de quartz, de 5% de titanomagnétite et de 0 à 8% de hornblende. Il s'agit donc d'une roche très siliceuse représentant le résultat ultime du processus de différenciation magmatique.

#### Ferrogabbro sommital (de trempe)

On observe localement un ferrogabbro au sommet du filon-couche. De patine et cassure vertes et de granulométrie moyenne, cette roche contraste nettement avec la ferrodiorite à quartz sous-jacente. Le ferrogabbro sommital est composé (tableau 7) d'environ 57% de plagioclase saussuritisé, de 20% de hornblende verte, de 8% de quartz et de 15% de titanomagnétite partiellement trans-

formée en leucoxène. Il s'agit d'une roche nettement moins différenciée qui résulte probablement d'un refroidissement plus rapide du magma et s'associe peut-être à une zone de trempe localisée au contact entre le filon-couche de Bourbeau et les sédiments de la Formation de Blondeau.

#### GÉOLOGIE LOCALE ET DISTRIBUTION DES FACIÈS PÉTROLOGIQUES : DISCUSSION

La distribution des faciès pétrologiques du filon-couche de Bourbeau et des autres unités stratigraphiques est fortement perturbée dans la partie ouest de la région étudiée. Au sud-ouest (figure 43), la présence, au sommet du filon-couche de Roberge, d'une faille longitudinale (voir plus loin la section sur les failles longitudinales E-W et NW) en est, en grande partie, la cause. D'autre part, dans la partie nord-ouest, la distribution du faciès ferrodioritique apparaît problématique. En effet, on remarque dans le coin nord-ouest de la figure 43 que ce faciès semble déplacé, de façon senestre, par la zone de cisaillement de la veine n° 1, sur une distance de près de 180 m alors que le faciès leucogabbroïque ne montre qu'un déplacement d'une trentaine de mètres par cette même zone de cisaillement. Puisque la transition entre le leucogabbro et le ferrogabbro à quartz paraît beaucoup plus régulière et précise que celle entre le ferrogabbro à quartz et la ferrodiorite à quartz, nous jugeons plus représentatif le déplacement apparent senestre d'une trentaine de mètres suggéré par le leucogabbro. Toutefois, ce dernier faciès a sûrement été beaucoup moins affecté par le cisaillement associé aux veines n° 1 et n° 4 puisque, même si la zone de cisaillement qui les contient est présente, ces veines ne se poursuivent pas dans le faciès leucogabbroïque. Le mouvement en chevauchement a donc été probablement beaucoup moins important. Ce secteur nous apparaît très complexe. Le mouvement en chevauchement associé aux veines n° 1 et n° 4 vient perturber la stratigraphie dans un secteur où on ne dispose que de peu d'information géologique.

## Pétrochimie du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau

### INTRODUCTION

L'étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau, réalisée à la mine Norbeau, est basée sur deux levés lithogéochimiques que nous avons réalisés dans la partie centrale (voir la carte de l'annexe III) et dans la partie orientale du secteur étudié, et sur 12 échantillons non altérés provenant des trous de sondage (sondage SH-8-85 : analyses BD-PB-57-86, BD-PB-58-86 et BD-PB-74-86; sondage N-81-11 : analyses BD-PB-469-86 et BD-PB-470-86) ou de sites ponctuels (analyses BD-PB-495-85, BD-PB-560-85, BD-PB-562-85, BD-PB-563-85, BD-PB-571-85 et BD-PB-688-85). Au total, 32 échantillons ont été considérés. Les résultats d'analyses sont présentés à l'annexe III (tableau B-1).

La composition chimique moyenne de chacun des faciès du filon-couche dans le secteur de la mine Norbeau est donnée au tableau 8. Nous présentons maintenant, dans l'ordre, les diagrammes binaires et ternaires des éléments majeurs et mineurs.

### DIAGRAMMES BINAIRES DES ÉLÉMENTS MAJEURS ET MINEURS

Comme nous avons procédé pour la mine Cooke, nous avons utilisé le magnésium (MgO) comme indice de différenciation. Nous avons choisi de présenter les diagrammes

SiO<sub>2</sub>/MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO, CaO/MgO, (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO)/MgO et TiO<sub>2</sub>/MgO, car ce sont les diagrammes les plus aptes à présenter l'évolution chimique du filon-couche.

Les diagrammes binaires de la figure 44 présentent un enrichissement marqué en SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et CaO dans le leucogabbro, comparativement à la péridotite-pyroxénite. Cet enrichissement s'accorde avec l'abondance des plagioclases et la disparition des olivines. Le fer total (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et le TiO<sub>2</sub> ont un comportement semblable. Ils nous permettent de bien distinguer les différents faciès entre eux et témoignent de l'abondance des titanomagnétites observées pétrographiquement dans les faciès ferrogabbroïque et ferrodioritique. De plus, le comportement du fer et du titane est tout à fait caractéristique des magmas de la série tholéiitique. Finalement, la silice (SiO<sub>2</sub>) présente un comportement particulier. En effet, on note d'abord une augmentation marquée de la péridotite au leucogabbro et, par la suite, une diminution dans le faciès ferrogabbroïque. Puis, une augmentation marquée est observée dans le faciès ferrodioritique et granophyrique pour une faible diminution du MgO. Cette augmentation de la proportion de la silice témoigne de la cristallisation du quartz et des intercroissances granophyriques notée pétrographiquement. Ces diagrammes permettent de constater que les zones granophyriques ne se distinguent pas vraiment du faciès ferrodioritique. Si l'on excepte le diagramme (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO)/MgO, où l'on observe un contenu en fer légèrement plus faible dans le granophyre, les points représentant le faciès granophyrique se situent dans le même champ que ceux du faciès ferrodioritique.

TABLEAU 8 — Composition chimique moyenne des différents faciès pétrologiques observés dans le filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau

	Péridotite n = 2*	Leucogabbro n = 7	Ferrogabbro à quartz n = 11	Ferrodiorite à quartz n = 8	Granophyre n = 2	Ferrogabbro sommital n = 2
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	39,7	48,2	45,64	54,88	57,85	52,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,00	15,35	11,68	12,54	11,40	12,3
TiO <sub>2</sub>	0,59	0,74	3,08	2,05	1,45	2,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> **	18,20	10,65	20,48	15,53	11,50	16,4
MnO	0,20	0,18	0,26	0,28	0,21	0,24
CaO	2,77	11,62	8,23	4,81	6,37	6,66
MgO	24,6	8,46	5,13	2,49	1,56	4,10
Na <sub>2</sub> O	0,21	1,69	2,13	3,31	2,60	1,87
K <sub>2</sub>	0,09	0,17	0,26	0,47	0,64	0,92
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,11	0,16	0,37	0,54	0,30
CO <sub>2</sub>	0,03	0,47	0,48	0,52	3,66	-
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	7,53	2,72	2,62	3,06	1,23	-
S	0,00	0,01	0,14	0,06	0,07	-
Éléments traces (ppm)						
Cr	2990	117	36,6	19	<5	25
Rb	20	<13	<20	34	22	<25
Nb	<20	15	14	24	30	15
Y	<15	16	24	70	83	55
Zr	20	31	68	234	277	190
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-
As	<2	<5	12	<11	11	-
Cu	9,5	102	95	36	35	-
Au (ppb)	1	<4	<2	<1	6	-
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0,43	0,10	0,12	0,14	0,25	0,49
SiO <sub>2</sub> /(CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> +S)	5,25	15,11	14,09	15,08	11,66	-

\* Nombre d'échantillons

\*\* FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

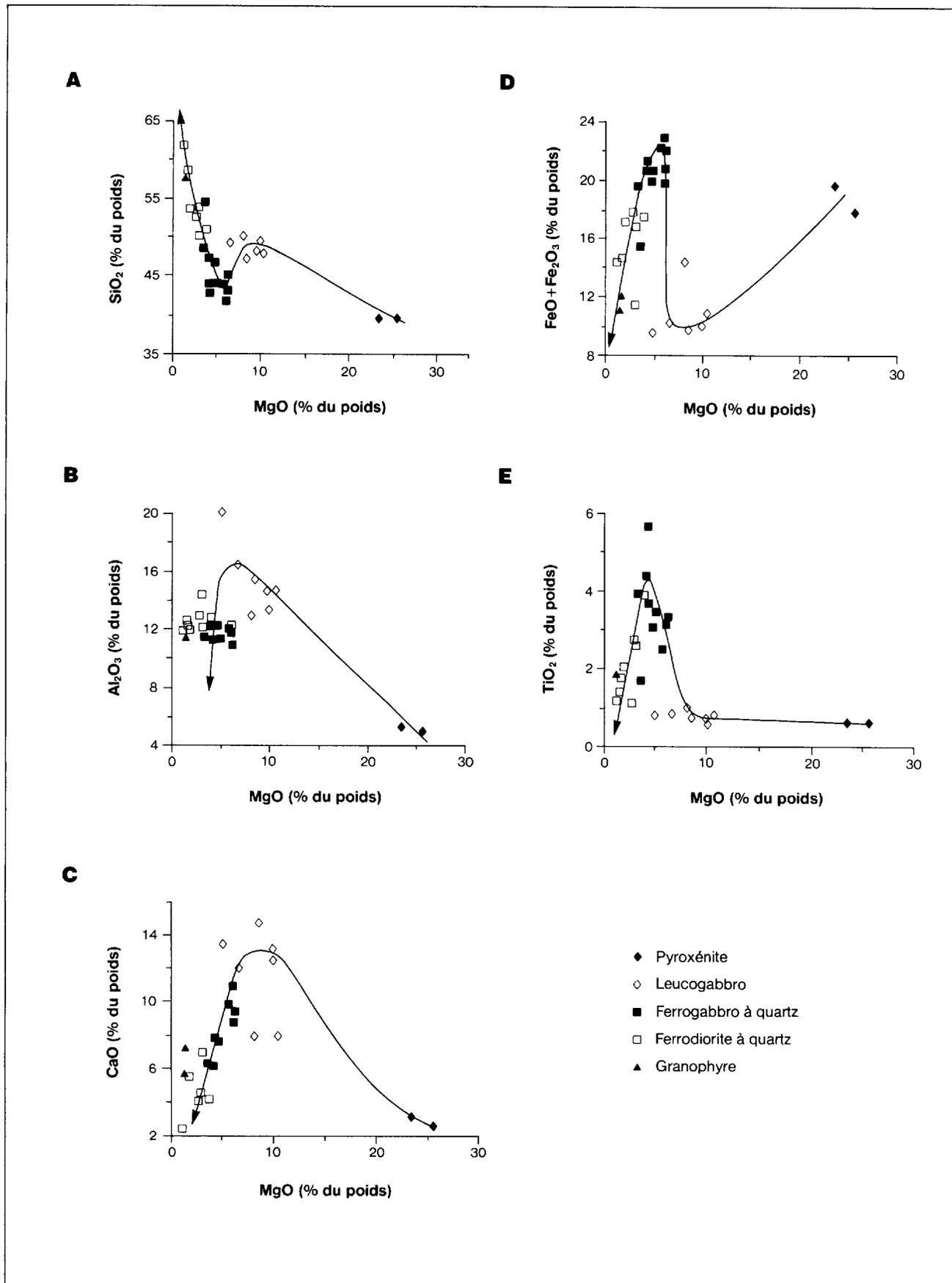


FIGURE 44 — Diagrammes binaires montrant l'évolution pétrochimique du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau.

## DIAGRAMMES BINAIRES ET TERNAIRES : CLASSIFICATION CHIMIQUE

Le diagramme binaire  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$  présenté à la figure 45 indique une affinité subalcaline pour les roches étudiées. Pour sa part, le diagramme AFM (figure 46A) montre clairement un enrichissement en fer durant la différenciation magmatique, suggérant ainsi une évolution semblable à celle des magmas tholéitiques. Le diagramme de Jensen (1976) (figure 46B) montre cette affiliation magmatique et permet de bien distinguer les différents faciès entre eux. Ces deux derniers diagrammes suggèrent également que les zones de granophyres sont comparables, en terme pétrochimique, aux ferrodiorites.

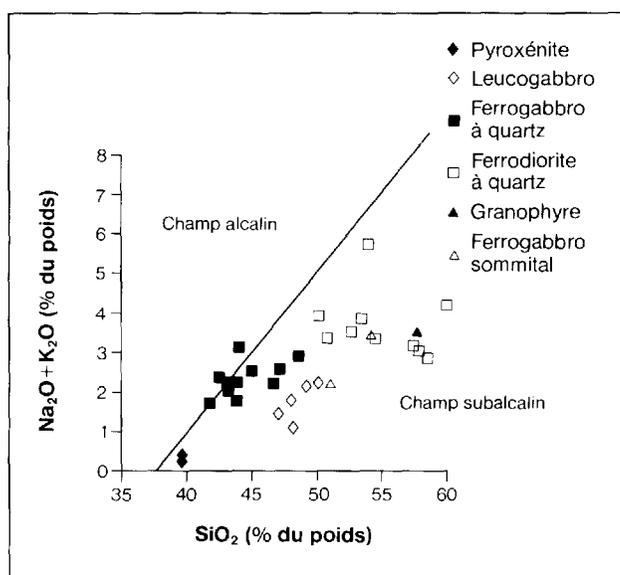


FIGURE 45 — Diagramme de  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$  (McDonald & Katsura, 1964) du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau.

## COMPARAISON AVEC L'ÉTUDE RÉGIONALE

La comparaison des résultats de notre étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau avec ceux obtenus lors de notre étude régionale permet de constater que le comportement du rapport  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$  à la mine Norbeau est semblable à celui observé régionalement sauf pour le faciès ferrogabbroïque. En effet, à Norbeau la proportion de  $\text{SiO}_2$  ( $\approx 44\%$ ) du faciès ferrogabbroïque (figure 44 et tableau 7) est plus faible que celle du faciès leucogabbroïque, alors que, dans notre étude régionale (figure 6), la relation inverse est observée. D'autre part, les diagrammes de  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{MgO}$  de ces différents secteurs sont semblables; leur évolution indique une augmentation marquée du fer du leucogabbro vers le ferrogabbro. Toutefois, dans le secteur de la mine Norbeau, les teneurs maximales en fer sont plus élevées ( $\approx 22\%$ ) que dans notre étude régionale ( $\approx 19\%$ ) et on constate de façon plus précise la diminution de la proportion de fer du ferrogabbro vers la ferrodiorite.

La comparaison des diagrammes AFM (figures 7A et 46A) et de Jensen (1976) (figures 7B et 46B) montre une

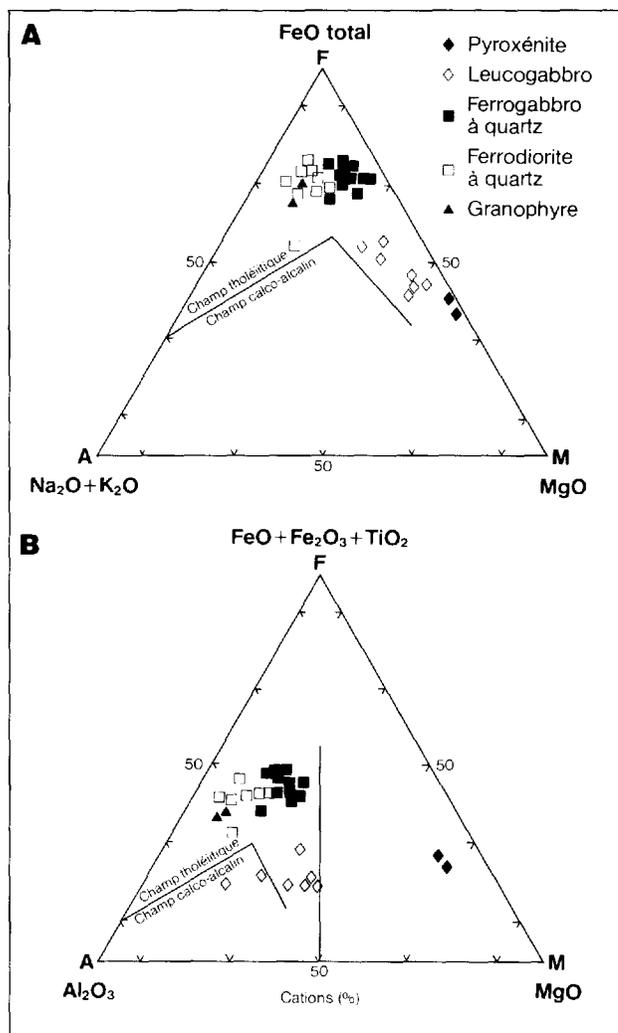


FIGURE 46 — Diagrammes AFM (en A) et de Jensen (en B) montrant l'évolution chimique du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau. La courbe du diagramme AFM est selon Irvine & Baragar (1971).

évolution magmatique semblable. De plus, on constate une excellente coïncidence spatiale entre les faciès pétrologiques cartographiés à la mine Norbeau et ceux observés régionalement.

## Distribution de la minéralisation

La minéralisation aurifère trouvée à la mine Norbeau est contenue à l'intérieur de veines de quartz enfumées localisées dans des zones de cisaillement. Les veines sont sinueuses et lenticulaires. Elles possèdent des orientations diverses. La veine n° 1 (figure 43) a une attitude moyenne de  $35^\circ/50^\circ$  et a produit environ 80% du minerai extrait de la mine. Elle s'est avérée productive sur une longueur maximale de 260 m. Sa largeur maximale est de 4,6 m, mais en moyenne elle est de 1,5 m (Prochnau, 1971). La veine n° 4 a une attitude moyenne de  $0^\circ/56^\circ$  et a fourni le reste de la production. Elle a été mise en valeur sur une longueur maximale de 335 m. Sa largeur maximale est de 3,4 m, mais en moyenne elle est de 0,9 m (Prochnau, 1971). Il est à noter que la veine n° 4 n'af-

fleure pas; elle apparaît seulement à partir du 1<sup>er</sup> niveau de la mine. Il existe également plusieurs veines d'orientation E-W à pendage vers le S localisées à l'est des veines n° 1 et n° 4. Il s'agit des veines New Vein, Sharpe, Mann et n° 2. Les deux premières ont fait l'objet de décapage intensif (figure 47). Elles ont, en surface, une longueur d'environ 220 m et une largeur de 1 à 2 m. Ces veines sont également sinueuses et discontinues. De plus, les teneurs sont irrégulières. Selon Malouf (1981), la teneur moyenne de la veine New Vein est de 3,5 g/t Au sur une largeur de 3 m et une longueur de 270 m. Alors qu'à la veine Sharpe et à la veine n° 5 (12°/67°) la teneur est de 5,65 g/t Au sur une largeur de 2 m et une longueur totale de 200 m (Malouf, 1984).

La veine Mann est une petite veine de quartz noir foncé d'environ 20 m de longueur et d'un maximum de 0,70 m de largeur. Il s'agit d'une veine extrêmement riche en or où il est très fréquent d'observer de l'or visible à l'oeil nu. Nous avons observé, à l'est de la veine Mann, des veines de quartz aurifères semblables à celle-ci (figure 43). Toutefois, les teneurs en or à la surface semblent décevantes (Geisterfer, 1960 et Prochnau, 1971). Finalement, la veine n° 2 est localisée dans la partie centrale de la région étudiée. Selon Duquette (1982), cette veine possède une longueur d'environ 105 m et une largeur de 1 m. Elle a été explorée en 1939 par Noranda Mines à l'aide de 11 trous de sondage. La veine s'est avérée de faible largeur et le meilleur résultat obtenu est de 6,2 g/t Au sur 0,3 m. Toutefois, des travaux subséquents effectués en 1960 ont révélé des teneurs atteignant 19,6 g/t Au sur des échantillons composites recueillis en surface (Geisterfer, 1960). À l'été 1986, nous avons découvert vers l'est l'extension en surface de cette veine. Il s'agit d'une veine de quartz enfumé de 0,6 m de largeur, contenant des traces de pyrite et d'arsénopyrite, localisée dans un ferrogabbro à quartz carbonatisé et chloritisé. Selon nos observations, la veine n° 2 s'étend latéralement sur au moins 460 m. De plus, elle possède des caractéristiques mégascopiques similaires à celles des veines Sharp et New Vein et se localise dans un environnement semblable à celui de ces deux veines. Deux analyses de la veine et trois de l'encaissant n'ont révélé que des traces de minéralisation ( $\approx 380$  ppb Au) (annexe III, tableaux B-13 et B-14), mais les teneurs en arsenic sont très anormales (atteignant 3 000 ppm).



FIGURE 47 — Photographie montrant la veine de quartz New Vein localisée dans une zone de cisaillement carbonatisée et chloritisée.

## Altération hydrothermale associée aux zones aurifères de la mine Norbeau

### INTRODUCTION

L'altération hydrothermale associée aux zones aurifères de la mine Norbeau est très bien développée. Elle se caractérise mégascopiquement par une intense carbonatation et une intense chloritisation. Cette altération est intimement associée à des zones de cisaillement. Nous avons réalisé, à la mine Norbeau, une étude pétrographique et lithogéochimique détaillée des zones d'altération. Cette étude nous permettra d'identifier la nature et les proportions des différentes phases minérales et les modifications chimiques subies par les roches ainsi métasomatisées. Pour ce faire, nous avons choisi d'utiliser des échantillons provenant de trous de sondage et de coupes réalisées à la surface : nous avons sélectionné les forages N-81-11 (veine New Vein) et SH-8-85 (veine Sharpe) et quatre coupes à travers les veines New Vein, Sharpe, Mann et n° 1. Nous présentons maintenant les résultats de cette étude. Nous décrivons, dans l'ordre, la pétrographie et la lithogéochimie des altérations.

### PÉTROGRAPHIE DES ALTÉRATIONS

Dans le cadre de l'étude pétrographique des altérations hydrothermales, nous avons étudié en détail une centaine de lames mines. Les minéraux sont présentés en terme d'assemblage minéralogique et non pas en terme de paragenèse, suggérant qu'un équilibre existe entre les différents minéraux.

#### Veine New Vein (Schécapio)

Nous avons étudié la veine connue sous les noms de New Vein ou de Schécapio à l'aide principalement du forage N-81-11 (figure 48). Cette étude a été complétée à l'aide d'une coupe réalisée en surface (coupe New Vein, figure 49). Nous rendrons compte d'abord des observations effectuées à partir du forage et nous enchaînerons avec une brève description de la coupe.

Plusieurs zones minéralisées ont été obtenues, par la compagnie Camchib, à l'intérieur du forage N-81-11. Les meilleurs résultats ont donné (figure 48) 5,2 g/t Au sur 3,1 m, 5,9 g/t Au sur 1 m, 4,7 g/t Au sur 0,5 m et 2,6 g/t Au sur 0,8 m. En regroupant toutes les zones minéralisées, on obtient 2,3 g/t Au sur 14,1 m. La roche encaissante a été affectée par une zone de cisaillement ayant 27 m de largeur apparente. Celle-ci contient des veines et des veinules de quartz auxquelles s'associent des sulfures. Ces sulfures sont surtout abondants dans l'encaissant gabbroïque accolé aux veines. La transition entre la zone de cisaillement et l'encaissant gabbroïque non déformé est graduelle et se caractérise par la présence, sur quelques mètres de largeur, d'une roche déformée et injectée de veinules de calcite. Il est intéressant de souligner que la nature de la roche encaissante associée à la zone minéralisée est variable. En effet, nos observations pétrographiques et les éléments traces (Zr, Y, La et Yb, figure 50),

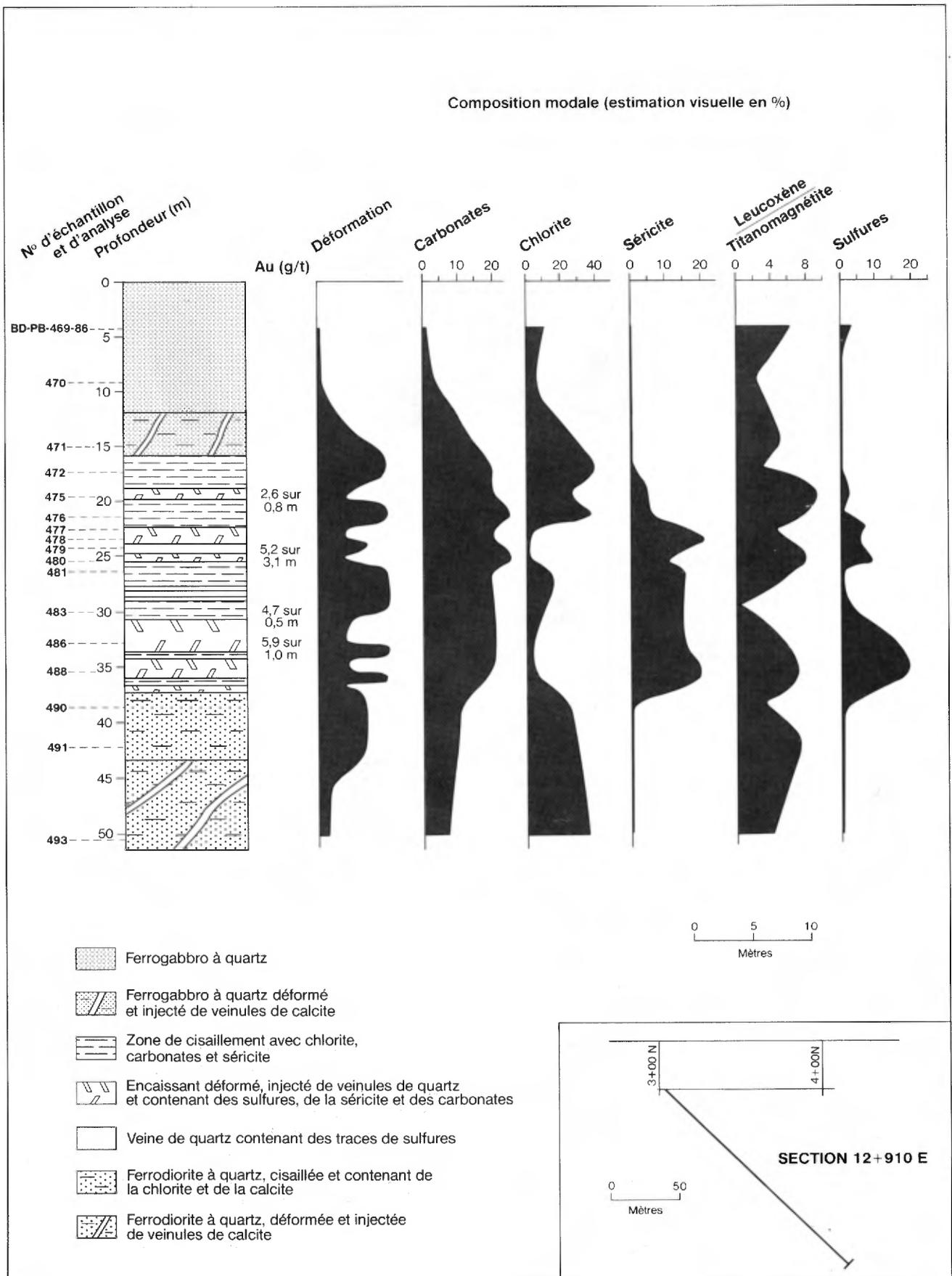


FIGURE 48 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans le forage N-81-11 (veine New Vein) à la mine Norbeau.

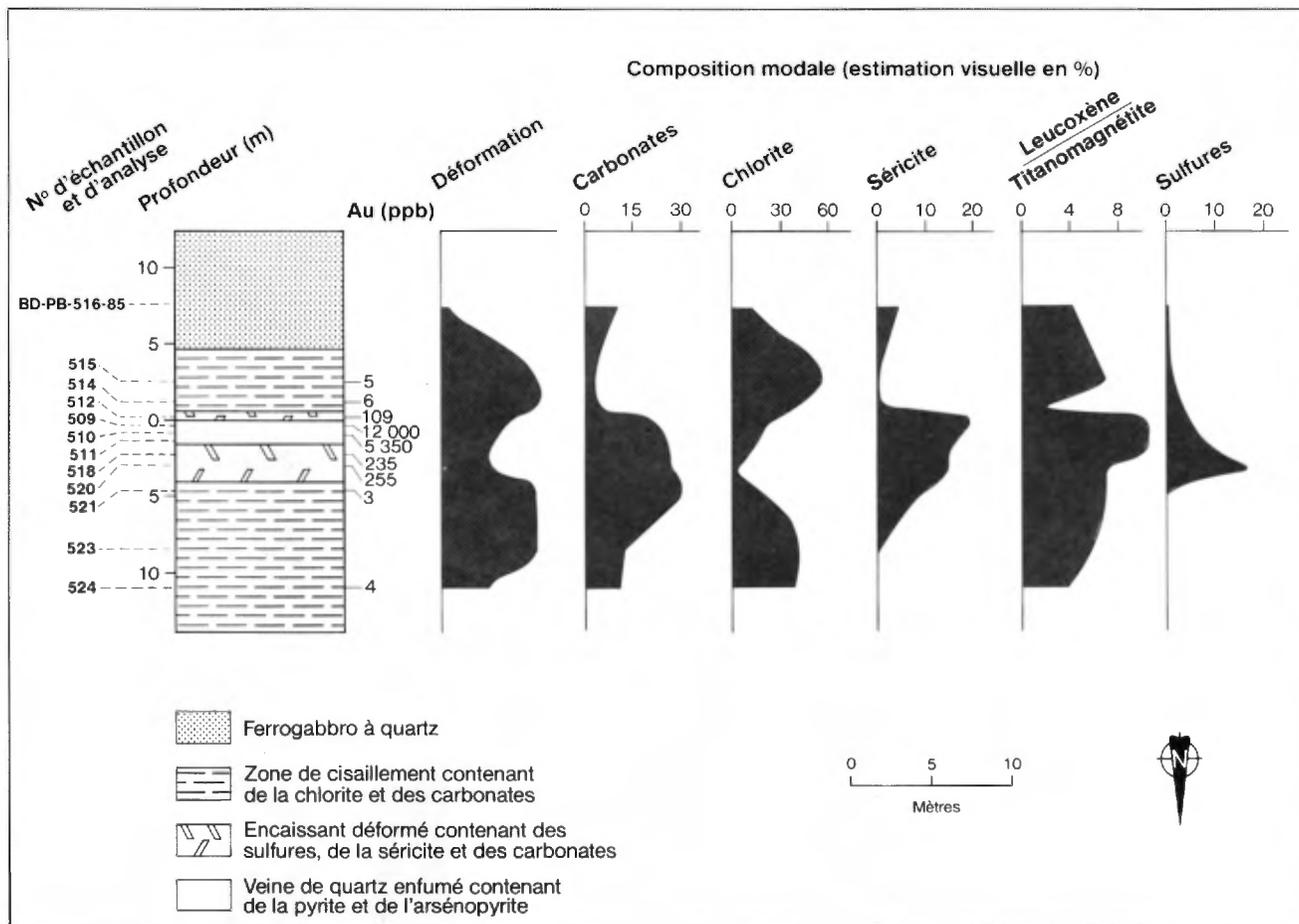


FIGURE 49 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans la coupe de la veine New Vein à la mine Norbeau.

suggèrent que de 0 à 18 m il s'agit d'un ferrogabbro à quartz alors que par la suite l'encaissant est une ferrodiorite à quartz. On constate à la figure 50 une augmentation marquée et brusque dans la proportion des éléments traces après 18 m. Cette variation correspond à un changement d'unité lithologique et témoigne ainsi du mouvement en chevauchement produit par la zone de cisaillement.

La figure 48 présente le sommaire de nos observations. On y remarque une évaluation graphique qualitative de l'intensité des déformations. À l'intérieur de la zone de cisaillement, l'intensité de la déformation est variable. La déformation maximale correspond à la présence de mylonite (Sibson, 1977) à l'intérieur du cisaillement. Alors que les zones accolées aux veines de quartz et/ou injectées de veinules de quartz et contenant des sulfures, de la séricite et des carbonates sont moins déformées et correspondent plutôt à des cataclasites (Sibson, 1977), c'est-à-dire des roches déformées dans lesquelles il n'y a pas de schistosité de développée.

L'estimation visuelle de l'abondance des minéraux permet de constater que les carbonates sont relativement abondants à l'intérieur de toute la zone de cisaillement. L'intensité de cette carbonatation varie de 10 à 25% de l'ensemble des constituants. Il s'agit en tout ou en partie de calcite car la roche réagit très fortement à l'acide chlorhydrique. Des analyses à la microsonde électronique

réalisées sur 14 grains répartis dans 6 échantillons (annexe II, tableau B) révèlent que les carbonates sont en fait des calcites et des calcites ferrifères. Les carbonates se présentent principalement en remplacement des plagioclases et pyroxènes primaires et en remplissage de fractures. La chlorite est abondante dans la zone de cisaillement même et dans les zones déformées et injectées de veinules de calcite. Elle représente alors jusqu'à 40% des constituants. Des analyses à la microsonde électronique réalisées sur 7 grains distribués dans 4 échantillons (annexe II, tableau C) ont permis de constater que toutes les chlorites sont ferrifères ( $Fe/[Fe + Mg]$  varie de 0,70 à 0,95). La chlorite remplace les plagioclases et pyroxènes et se présente également en veinules. Les proportions de chlorite sont variables à l'intérieur de la zone de cisaillement. En effet, la chlorite est pratiquement absente des zones contenant des sulfures et auxquelles s'associe la minéralisation. À l'inverse des chlorites, la séricite est abondante dans la zone minéralisée; elle s'avère absente lorsque la chlorite est abondante. La séricite confère à la roche une couleur vert pâle caractéristique. Elle remplace les plagioclases. Deux analyses à la microsonde (annexe II, tableau D) ont permis de déterminer la composition exacte de la séricite et de confirmer sa présence. La courbe leucoxène/titanomagnétite présente l'intensité du remplacement des titanomagnétites primaires par le leucoxène. Ce rempla-

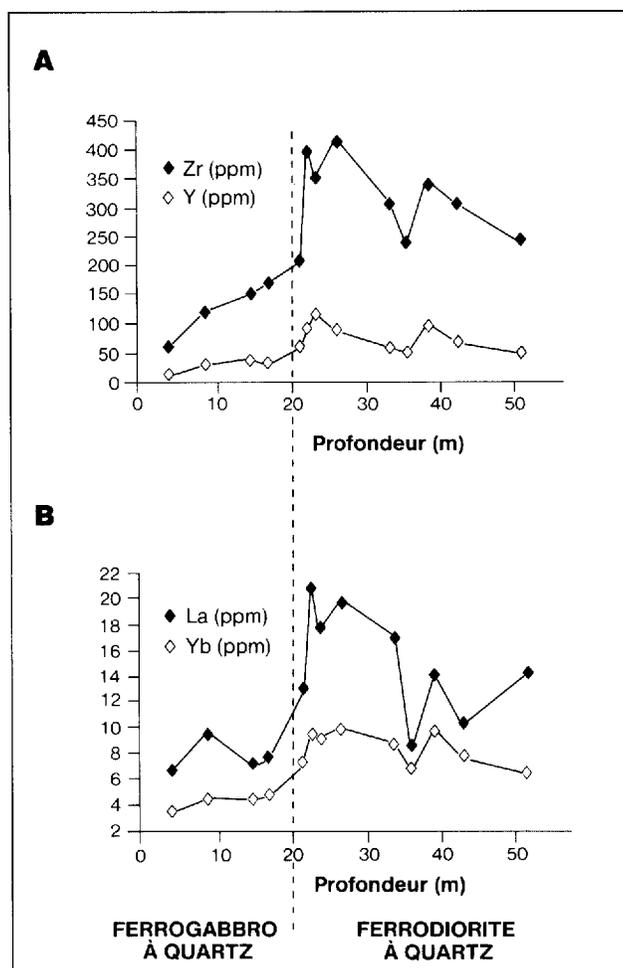


FIGURE 50 — Diagrammes des éléments traces Zr/Y (en A) et La/Yb (en B) pour le forage N-81-11 à la mine Norbeau.

est principalement observé à l'intérieur de la zone de cisaillement dans les zones contenant des sulfures. Là où l'encaissant est cisailé, chloritisé et carbonaté, le remplacement par le leucoxène est partiel et on observe alors un résidu d'ilménite. Finalement, les sulfures semblent directement associés à la zone minéralisée.

La coupe de la veine New Vein que nous avons réalisée en surface (figure 49) est localisée à l'intérieur d'une zone de cisaillement d'au moins 10 m de largeur, la limite nord n'ayant pu être déterminée avec précision faute d'affleurement. Elle présente certains faits intéressants. La roche encaissante possède une patine d'altération rouille au nord de la veine de quartz aurifère subverticale. Cette patine d'altération reflète la présence de carbonates de fer. Ceux-ci sont associés à la séricite, aux sulfures et aux veines de quartz subhorizontales (voir plus loin la section sur les caractéristiques structurales des zones de cisaillement associées aux veines aurifères E-W). Du côté sud de la veine subverticale, les carbonates de fer et la séricite sont pratiquement absents.

À l'intérieur de la zone de cisaillement, la zone d'encaissant accolée à la veine de quartz et contenant des sulfures est moins déformée. De plus, elle contient une

faible proportion de chlorite et, à l'inverse, une grande proportion de séricite (voir analyse à la microsonde, annexe II, tableau D). Les carbonates sont très abondants au nord de la veine. Des analyses à la microsonde électronique réalisées sur 13 grains répartis dans 4 échantillons (annexe II, tableau E) ont permis de constater que les carbonates de fer notés mégascopiquement correspondent à des ferro-ankérites ( $\text{Ca} [\text{Fe}_{0.74}\text{Mg}_{0.25}\text{Mn}_{0.01}] [\text{CO}_3]_2$ ). Finalement, le remplacement des titanomagnétites primaires par le leucoxène augmente, de façon générale, en approchant de la veine de quartz subverticale.

En résumé, la zone minéralisée de la New Vein, recoupée par le forage N-81-11 et observée en surface, est associée à une zone de cisaillement caractérisée par une carbonatation (ferro-ankérite, calcite ferrifère et calcite), une chloritisation et une séricitisation. La minéralisation est associée plus spécifiquement à la séricitisation et aux sulfures contenus dans l'encaissant gabbroïque accolé aux veines et veinules de quartz.

### Veine Sharpe

Notre étude pétrographique de la veine Sharpe est basée sur le forage SH-8-85 et sur une coupe réalisée en surface. Nous les décrivons dans l'ordre.

Le forage SH-8-85 effectué par la compagnie Norbeau Mines a recoupé une zone minéralisée de 4,5 g/t Au sur une largeur de 2,6 m comprenant une section de 0,9 m à 8,3 g/t Au. Nous avons étudié l'ensemble de ce forage. On note d'abord la présence d'une zone de cisaillement de 13,7 m de largeur apparente (figure 51). Dans la partie centrale de ce cisaillement, on observe des veines et veinules de quartz contenant des traces de sulfures et la minéralisation aurifère. L'encaissant gabbroïque accolé à ces veines contient jusqu'à 15% de pyrite et d'arsénopyrite. De plus, il est séricitisé, ce qui lui confère une couleur vert pâle nettement différente de celle de la zone de cisaillement chloritisée et carbonatée. Tout comme à la veine New Vein, la nature de la roche encaissante varie : nos observations pétrographiques et l'analyse chimique des éléments traces (annexe III, tableau B-2) indiquent que la roche encaissante est un ferrogabbro à quartz sur les 33,5 premiers mètres et passe ensuite à une ferrodiorite à quartz (figure 52). L'augmentation marquée des éléments traces (Zr, Y, Yb et La) autour de 33,5 m reflète très clairement ce changement d'unité lithologique.

La figure 51 présente le sommaire de nos observations. On constate qu'à l'intérieur de la zone de cisaillement l'intensité relative de la déformation diminue dans la zone minéralisée. L'estimation visuelle de la proportion des minéraux a permis de constater que les carbonates sont relativement abondants dans toute la zone de cisaillement, y compris la zone minéralisée. Leur proportion atteint 30%. Les carbonates sont principalement en remplacement des plagioclases et des pyroxènes primaires et également en remplissage de fractures. Il s'agit en tout ou en partie de calcite, car la roche réagit très fortement à l'acide chlorhydrique. La chlorite est très abondante dans la zone de cisaillement et dans la zone moins

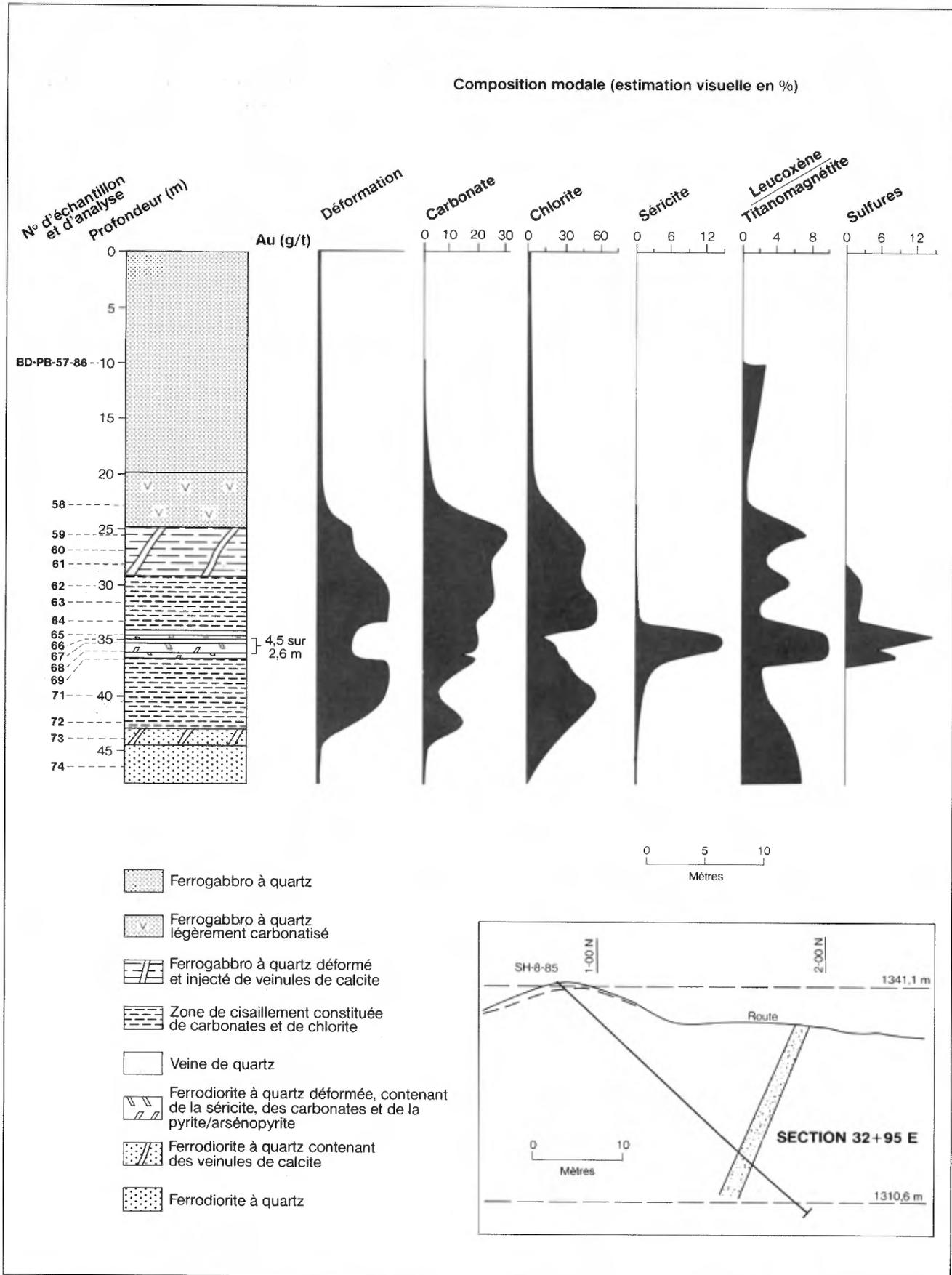


FIGURE 51 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans le forage SH-8-85 (veine Sharpe) à la mine Norbeau.

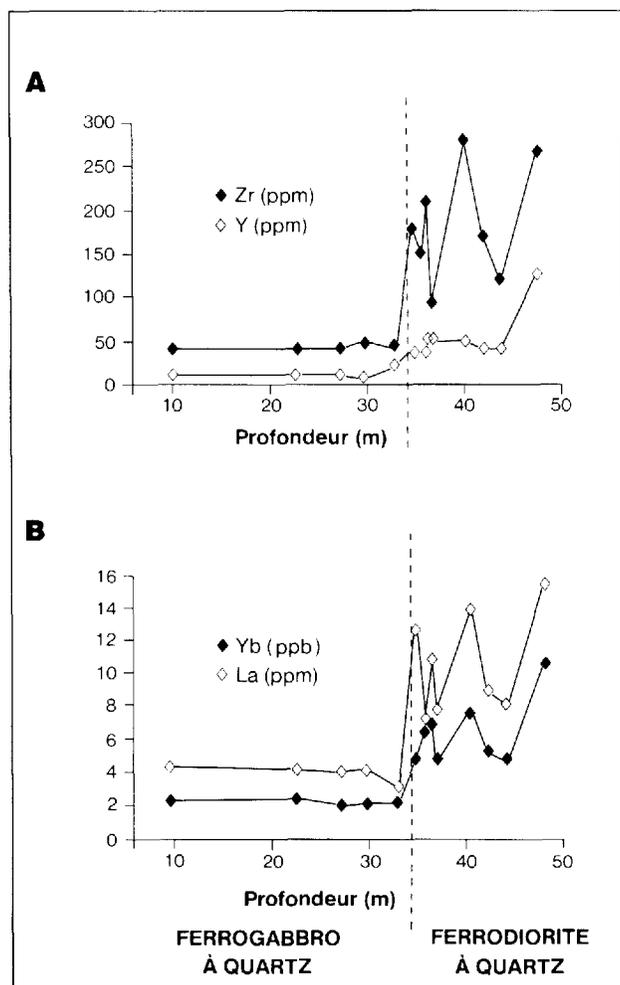


FIGURE 52 — Diagrammes des éléments traces Zr/Y (en A) et La/Yb (en B) pour le forage SH-8-85 à la mine Norbeau.

déformée et injectée de veinules de calcite qui l'enveloppe. Elle forme jusqu'à 60% des constituants : elle remplace les plagioclases et les pyroxènes primaires. Toutefois, dans les zones accolées aux veines de quartz et contenant des sulfures, la proportion de chlorite est beaucoup plus faible et on observe de la séricite. La séricite a donc un comportement inverse de celui de la chlorite. Elle est présente uniquement dans la zone contenant des sulfures, laquelle est accolée à la veine de quartz aurifère. La courbe leucoxène/titanomagnétite montre que le remplacement de la titanomagnétite primaire par le leucoxène est total dans la zone minéralisée même et diminue brusquement dans la zone de cisaillement contenant de la chlorite et de la calcite.

La coupe d'échantillonnage de surface de la veine Sharpe (figure 53) présente des caractéristiques semblables à celle de la New Vein : présence de veines subhorizontales et une certaine patine rouille (carbonates de fer/magnésium) au nord de la veine. Du côté sud de la veine de quartz subverticale, la roche est extrêmement cisailée et transformée en schiste à papier. L'encaissant directement accolé à la veine contient 5 à 15% de pyrite et d'arsénopyrite. La coupe étudiée a environ 18 m de largeur.

Pétrographiquement, on constate que les profils minéralogiques sont sensiblement les mêmes que dans le trou de sondage SH-8-85 : abondance de carbonates à l'intérieur de toute la zone de cisaillement, séricite associée à la zone enrichie en sulfures et accolée à la veine aurifère et grande abondance de chlorite dans la zone de cisaillement qui l'enveloppe. Toutefois, le remplacement des titanomagnétites primaires par le leucoxène est très intense à l'intérieur de toute la zone de cisaillement, ce qui semble particulier.

En résumé, la zone minéralisée de la veine Sharpe est associée à une zone de cisaillement fortement chloritisée et carbonatisée. L'or est localisé à l'intérieur d'une veine de quartz et également dans l'encaissant gabbroïque accolé à la veine. Celui-ci est séricitisé, carbonatisé et contient de 5 à 15% de pyrite et d'arsénopyrite.

### Veine n° 1

La veine n° 1 a fourni la majeure partie du minerai produit à la mine Norbeau. C'est donc un élément clé dans l'étude de l'altération hydrothermale associée aux zones aurifères de cette mine. Malheureusement, aucun forage recoupant la veine n° 1 n'était disponible durant la période couverte par nos travaux. Nous avons donc réalisé une coupe de surface le long d'une tranchée qui recoupe la veine (figure 54). Cette coupe, toutefois, est presque restreinte au côté ouest de la veine, soit du côté du mur, mais nous croyons tout de même pouvoir caractériser assez fidèlement l'altération associée à cette veine.

On note que la veine n° 1 possède une largeur de 0,9 à 1,5 m et est associée à une zone de cisaillement bien développée. On constate, du côté ouest de la veine (dans le mur), que l'encaissant a subi une forte carbonatation de couleur rouille. Cette carbonatation reflète la présence de carbonates de fer et de magnésium et est reliée à des veines de quartz subhorizontales. Du côté est (dans le toit), cette altération rouille est absente de même que les veines subhorizontales de quartz. Ceci n'est pas sans rappeler ce que nous avons observé aux veines New Vein et Sharpe.

La coupe que nous avons étudiée a environ 30 m de largeur dont 24 à l'ouest de la veine (figure 54). L'ensemble de la zone est déformé mais cette déformation s'avère plus intense à l'intérieur d'une zone de cisaillement d'environ 12 m de largeur enveloppant la zone aurifère. De plus, on note à l'intérieur de ce cisaillement et accolée à la veine (dans le mur), une zone de carbonates (ankérite et calcite), de séricite et de sulfures recoupée de veines de quartz subhorizontales. Finalement, il est intéressant de souligner que la nature de la roche encaissante varie. Selon notre étude pétrographique (pourcentages de quartz et d'intercroissances granophyriques), on constate que l'encaissant du côté du toit (côté est) est un ferrogabbro à quartz alors que, du côté du mur (côté ouest), il est beaucoup plus différencié et correspond à une ferrodiorite à quartz. Ce changement de lithologie semble associé au déplacements vertical et latéral reliés à la zone de cisaillement contenant la veine de quartz.

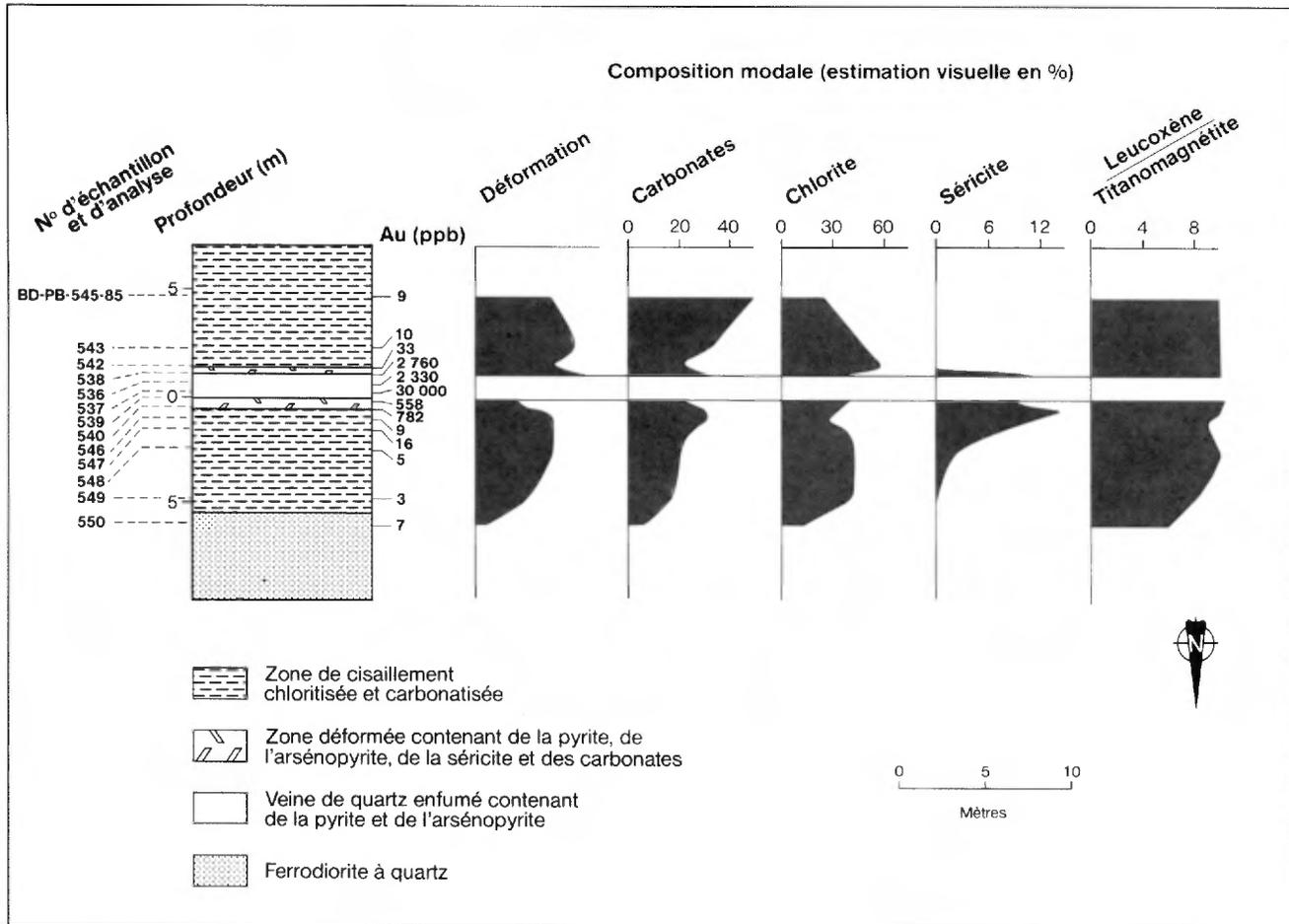


FIGURE 53 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans la coupe de la veine Sharpe à la mine Norbeau.

La figure 54 présente le sommaire de nos observations pétrographiques. L'estimation visuelle de l'abondance des minéraux permet de constater que les carbonates sont particulièrement abondants du côté du mur tout en étant présents sur l'ensemble de la zone étudiée. La chlorite est très abondante du côté du toit où elle représente jusqu'à 50% de l'ensemble des constituants. On l'observe également dans le mur, mais son abondance est surtout notée à partir d'un point situé à 9 à 12 m de la veine de quartz aurifère. À l'inverse, la séricite est accolée, du côté du mur, à la veine de quartz et sa présence est surtout notée dans la zone de cisaillement et dans la zone contenant des sulfures accolée à la veine de quartz. Ainsi, l'abondance de séricite semble, comme pour les autres veines étudiées, inversement proportionnelle à l'abondance de chlorite. Le remplacement des titanomagnétites primaires est pratiquement complet partout; seul l'échantillon BD-PB-437-86, localisé à 22,8 m de la veine, montre une faible leucoxinitisation des titanomagnétites primaires. Finalement, les sulfures (pyrites et arsénopyrites) sont restreints à la zone de sulfures accolée à la veine de quartz.

#### Veine Mann

La veine Mann (figure 43) était la seule veine en exploitation durant la période couverte par nos travaux. Il s'agit

d'une exploitation artisanale, réalisée à partir d'une galerie d'accès. Cette veine est actuellement délimitée sur une courte extension latérale (18 m), mais elle renferme des teneurs en or très élevées. De plus, contrairement aux autres veines, la roche encaissante est un leucogabbro. Nous avons réalisé une étude de l'altération de la veine Mann, telle qu'observée à l'intérieur de la galerie d'accès. Toutefois, seulement 5 échantillons ont été étudiés étant donné l'espace d'observation restreint.

La veine Mann est, tout comme les veines précédentes, localisée à l'intérieur d'une zone de cisaillement. Toutefois, l'altération de la roche encaissante affectée par ce cisaillement se traduit par une couleur noire très caractéristique. La roche semble alors très fortement chloritisée et réagit très fortement à l'acide chlorhydrique, témoignant ainsi de l'abondance de la calcite. Des veinules de quartz subhorizontales plissées sont également présentes au nord de la veine (dans le mur).

La figure 55 présente le sommaire de nos observations pétrographiques. L'évaluation de l'altération est relativement réduite. On constate quand même, à l'intérieur de la zone de cisaillement, une forte carbonatation (de 20 à 42%), une chloritisation (de 20 à 60%) et une séricitisation (de 14 à 20%) bien développées. Contrairement à leur comportement dans les autres veines, la séricite et la

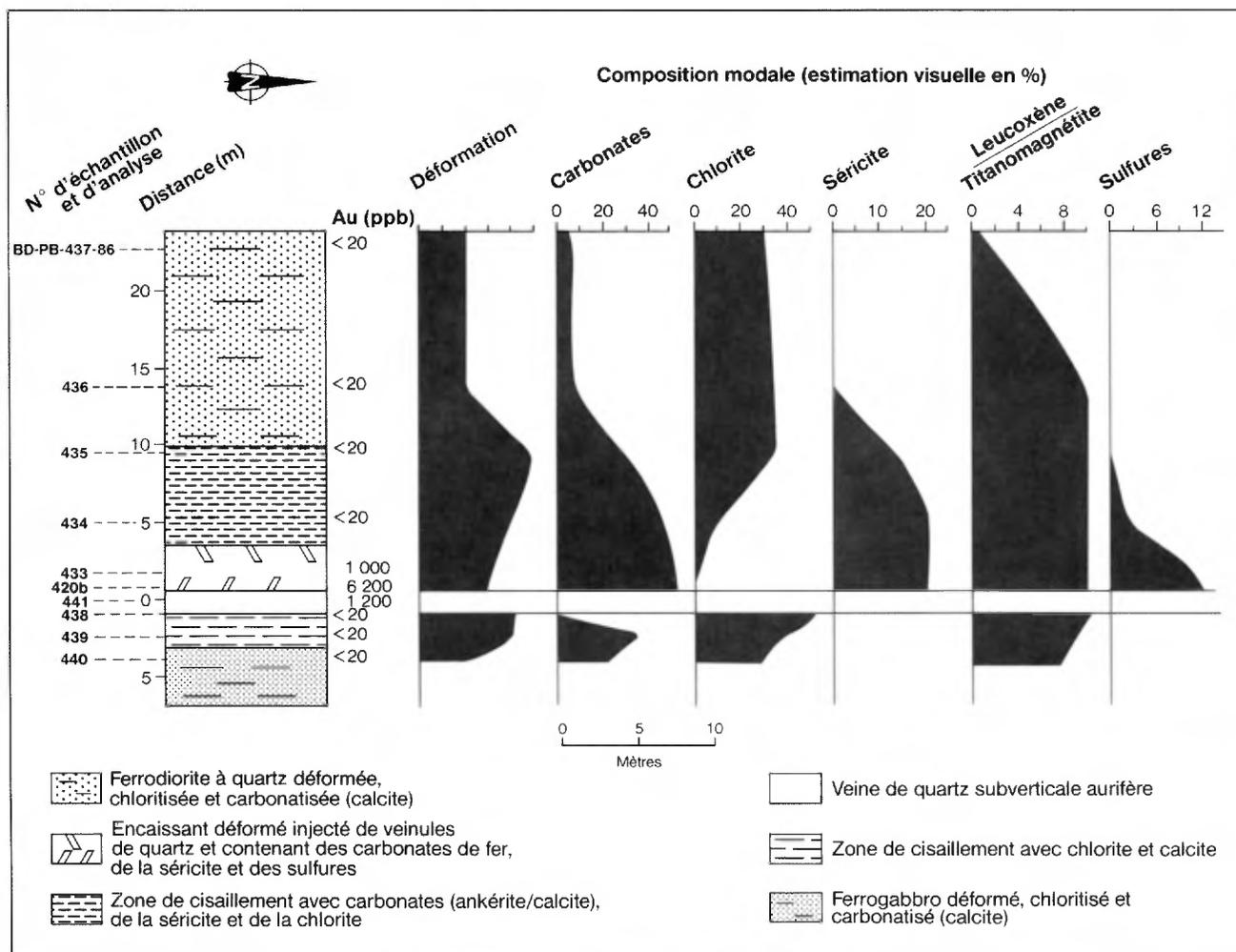


FIGURE 54 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans la coupe de la veine n° 1 à la mine Norbeau.

chlorite se sont développées dans le même environnement, ce qui explique probablement la couleur noire très caractéristique de l'encaissant associé à la veine Mann. Le remplacement des titanomagnétites par le leucoxène est total à l'intérieur de toute la zone de cisaillement. L'échantillon BD-PB-453-86, localisé à l'extérieur du cisaillement, n'est pas déformé et n'a pas subi les effets de l'altération hydrothermale. Malgré sa proximité de la veine (4,5 à 6,0 m), seuls des minéraux typiques du métamorphisme régional (saussuritisation des plagioclases et uralitisation des pyroxènes) se sont développés.

#### Comparaison avec l'étude de Prochnau (1971)

Dans le cadre d'une étude sommaire de l'altération hydrothermale associée aux veines n° 1 et n° 4 de la mine Norbeau, Prochnau (1971) a étudié les carottes provenant de deux trous de sondage recoupant la veine n° 1 et d'une coupe souterraine à travers la veine n° 4. Il mentionne que l'altération hydrothermale se traduit par la présence de chlorite, de carbonate et de séricite. Il considère que le fait le plus important est le développement de la chlorite et la diminution de la proportion d'épidote et d'actinote au fur et à mesure que l'on approche de la veine aurifère.

Comme nous, il a constaté que la zone de chlorite disparaît à l'approche de la veine. Elle fait place à une zone de séricite et carbonate contenant de la pyrite; cette dernière est particulièrement abondante ( $\leq 10\%$ ) dans l'encaissant immédiatement accolé à la veine. Cette zone de séricite et carbonate s'étend sur 1,5 à 7,6 m de largeur et est en général beaucoup mieux développée du côté du mur des veines.

Ainsi, les conclusions présentées par Prochnau (1971) sont très semblables à celles que nous avons obtenues sur l'ensemble des veines aurifères de la mine Norbeau. Ces travaux, réalisés à partir de matériel provenant de secteurs accessibles à l'époque où la mine était en production, combinés aux nôtres permettent d'obtenir une image complète de l'ensemble du processus d'altération hydrothermale associé à la minéralisation aurifère dans l'environnement de la mine Norbeau.

#### LITHOGÉOCHIMIE DES ZONES MINÉRALISÉES

##### Introduction

Dans le but de définir les modifications chimiques subies par les roches soumises au métasomatisme hydro-

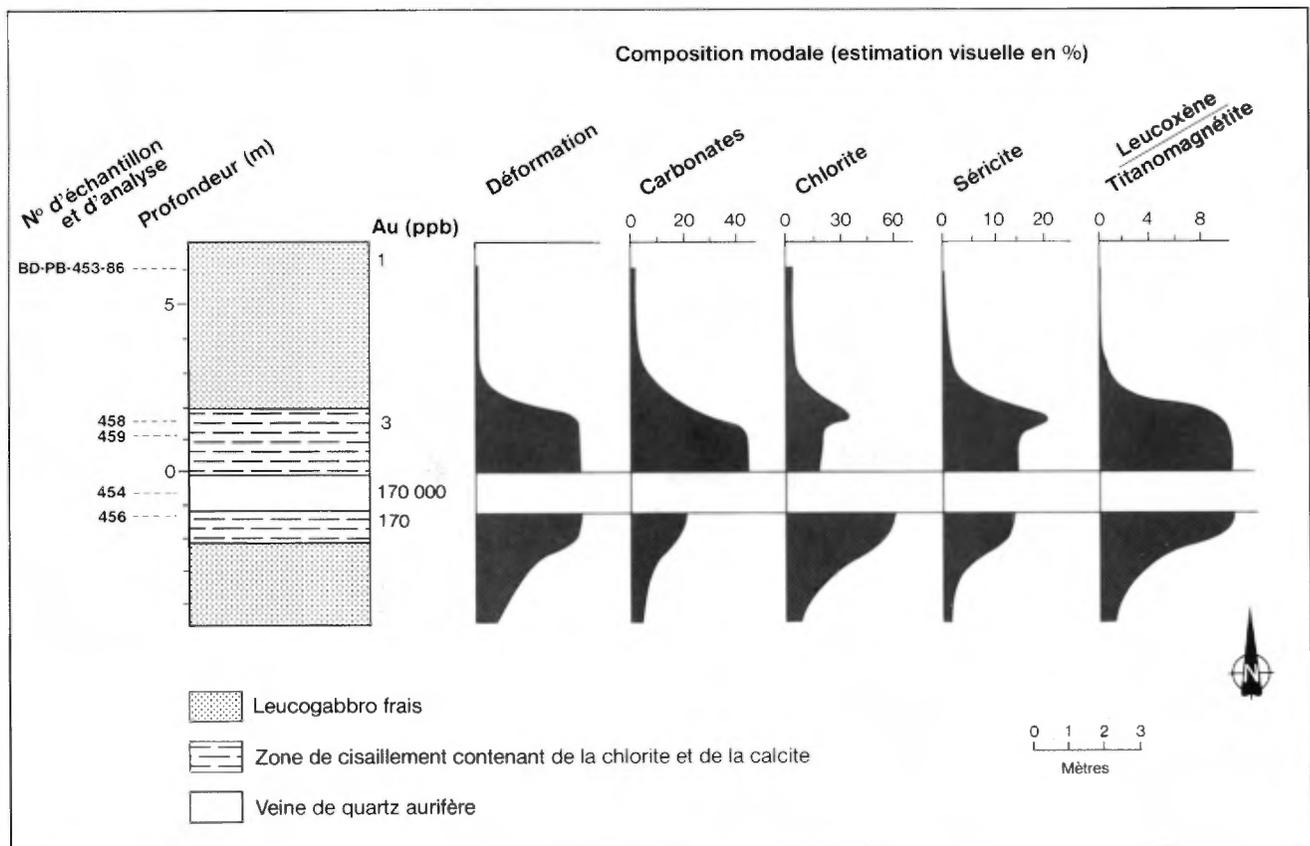


FIGURE 55 — Profil pétrographique des altérations hydrothermales observées dans la coupe de la veine Mann à la mine Norbeau.

thermal associé aux zones aurifères de la mine Norbeau, nous avons réalisé une étude lithogéochimique. Cette étude a été réalisée en deux étapes. Nous avons d'abord effectué une étude qualitative utilisant des rapports d'éléments. Par la suite, nous avons réalisé une étude statistique de certains éléments indicateurs (Au, Cu, As, Ag, S et CO<sub>2</sub>). Contrairement à ce que nous avons fait à la mine Cooke, nous n'avons pas réalisé d'étude quantitative tenant compte des modifications de volume et de composition à l'aide de la méthode de Gresens (1967). Ce genre d'étude est réalisable lorsque l'on dispose de roche fraîche (roche parente) représentant le protolithe original à partir duquel les roches déformées et altérées ont été formées. À la mine Norbeau, un tel protholithe est difficile à choisir, car la roche encaissante de la minéralisation varie en composition.

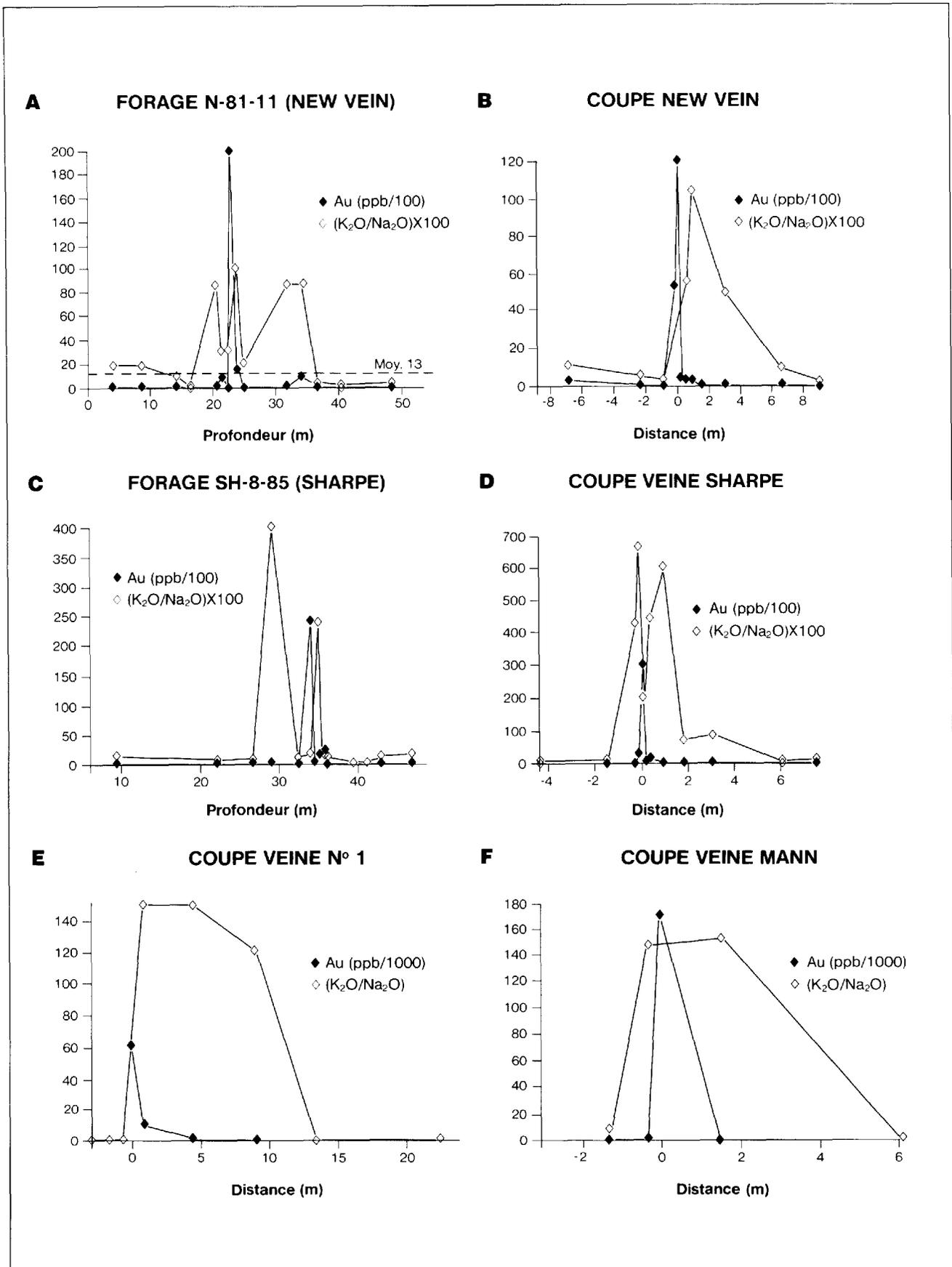
#### Lithogéochimie qualitative

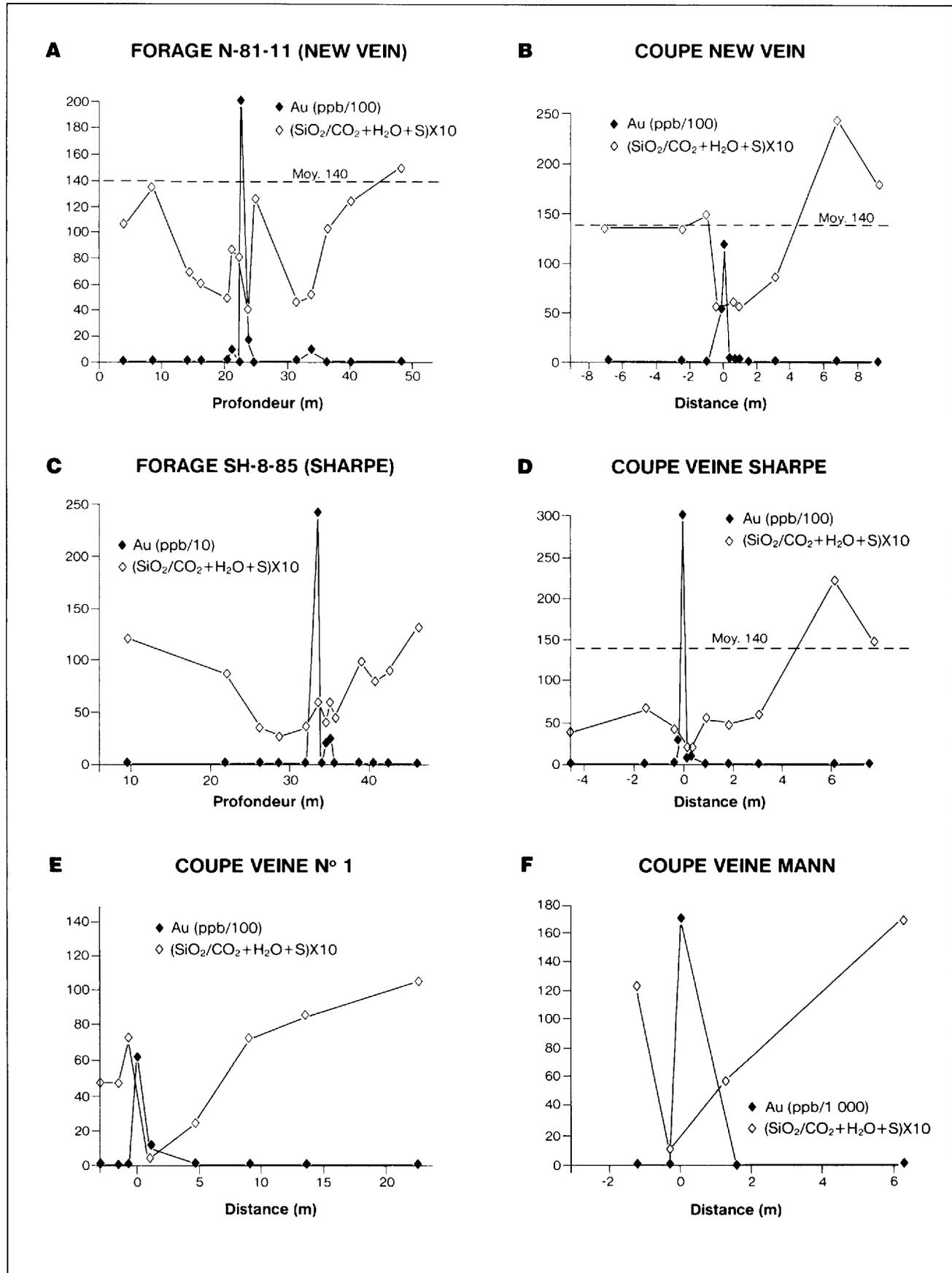
Nous présentons maintenant une étude lithogéochimique qualitative de la variation des éléments majeurs et mineurs des veines New Vein (forage N-81-11 et coupe de surface), Sharpe (forage SH-8-85 et coupe de surface), n° 1 (coupe de surface) et Mann (coupe dans la galerie d'accès), dont les résultats sont présentés à l'annexe III (tableaux B-2 à B-8). Pour ce faire, nous avons utilisé la même procédure que lors de notre étude de la mine Cooke, c'est-à-dire que nous avons choisi les rapports

K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O et SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>+S). De plus, nous présentons des diagrammes montrant la relation spatiale des éléments traces Cu et As avec l'or. Ces deux éléments sont reconnus pour être de bons traceurs de la minéralisation aurifère (Boyle, 1979) et se sont avérés en coïncidence spatiale directe avec l'or à la mine Cooke (voir au chapitre sur la mine Cooke la section sur la lithogéochimie qualitative).

Les figures 56, 57, 58 et 59 présentent les résultats obtenus. On constate d'abord une augmentation très nette du rapport (K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O) X 100 sur une distance moyenne de 3 à 6 m mais pouvant atteindre 18 m (forage N 81-11, figure 56); en comparaison, les valeurs moyennes obtenues pour les faciès ferrogabbroïque et ferrodioritique non métasomatisés sont de 12 à 14 (tableau 8). Cette augmentation coïncide avec l'augmentation de la proportion de séricite et la diminution de la chlorite observées pétrographiquement (voir dans ce chapitre la section sur la pétrographie des altérations). On note également que le rapport SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>+S) présente une diminution marquée en approchant de la zone minéralisée (figure 57). Cette diminution est notée sur une étendue pouvant atteindre une trentaine de mètres (forage N 81-11 et veine n° 1). Selon Boyle (1979), ce comportement est caractéristique des zones aurifères localisées dans un environnement géologique semblable à celui de la mine Norbeau.

Les éléments traces As et Cu ont également été considérés dans cette étude. On constate, comme à la mine

FIGURE 56 — Lithogéochimie qualitative utilisant le rapport  $K_2O/Na_2O$ .

FIGURE 57 — Lithogéochimie qualitative utilisant le rapport  $\text{SiO}_2/(\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}+\text{S})$ .

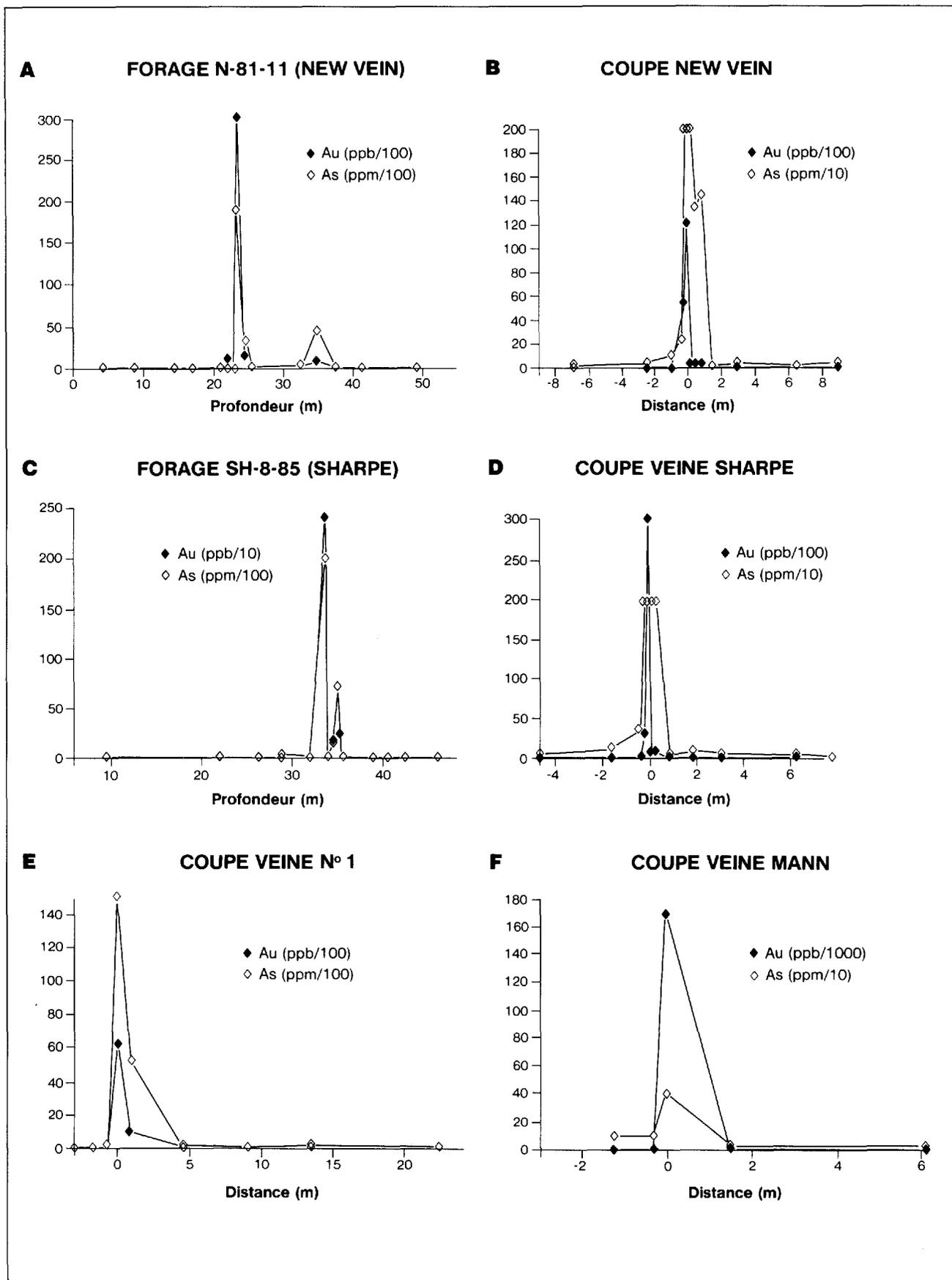


FIGURE 58 — Lithogéochimie qualitative utilisant la relation entre As (ppm) et Au (ppb) à la mine Norbeau.

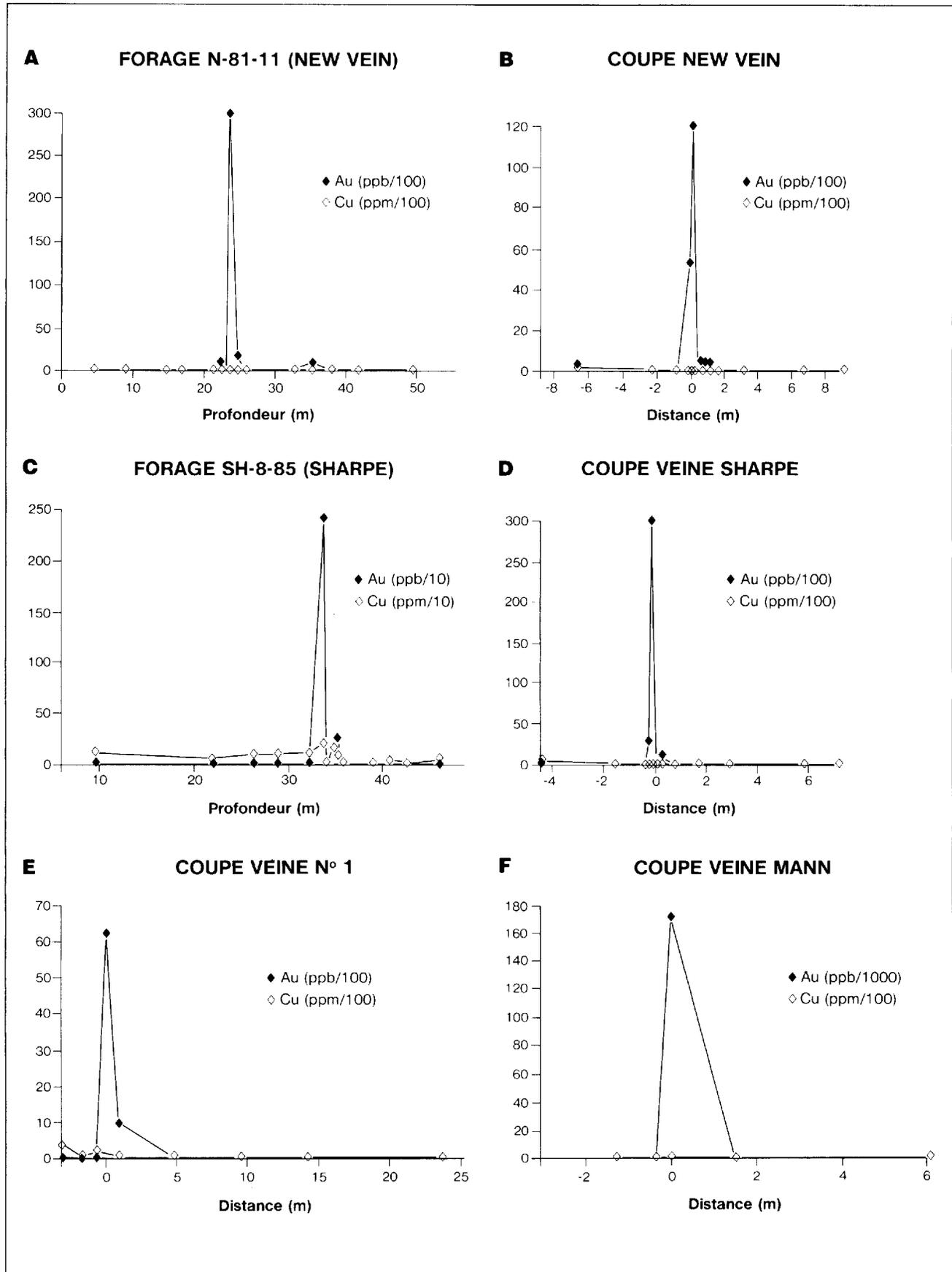


FIGURE 59 — Lithogéochimie qualitative utilisant la relation entre Cu (ppm) et Au (ppb) à la mine Norbeau.

Cooke, que l'arsenic montre une excellente coïncidence spatiale avec les zones aurifères (figure 58). La présence d'arsenic est toutefois restreinte à la zone aurifère même, où elle s'étend sur une distance d'au plus 1,5 à 3,0 m de celle-ci. Alors qu'à la mine Cooke, il y a relation entre le cuivre et les zones aurifères, à la mine Norbeau, il n'y en a aucune (figure 59). De fait, le cuivre n'est présent qu'en très faible proportion dans les zones aurifères de la mine Norbeau.

### Éléments indicateurs

Dans la recherche de minéralisation aurifère, l'utilisation de discriminants géochimiques comme guides d'exploration s'avère souvent très utile (voir dans le chapitre sur la mine Cooke la section sur les éléments indicateurs). Dans le but de déterminer les éléments indicateurs pouvant être utilisés à la mine Norbeau et d'extrapoler les résultats obtenus à l'aide des profils lithogéochimiques, nous présentons, aux figures 60, 61 et 62, le sommaire de nos résultats. Le lecteur voudra bien noter que nous avons utilisé la même procédure et les mêmes éléments que lors de notre étude à la mine Cooke (voir dans le chapitre précédent la section sur les éléments indicateurs).

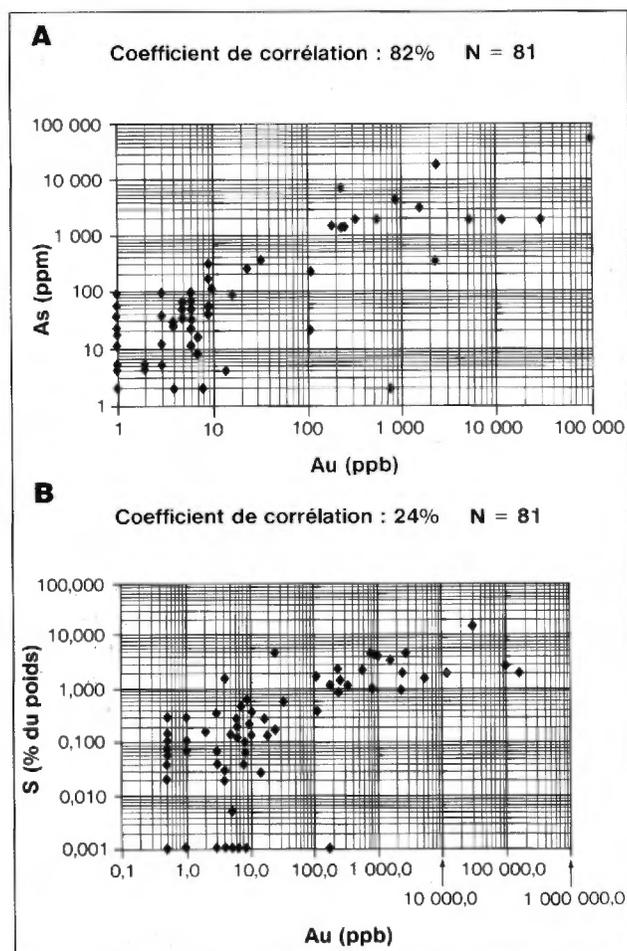


FIGURE 60 — Diagrammes de As (en A) et de S (en B) en fonction de Au à la mine Norbeau.

Les données utilisées dans l'élaboration de ces graphiques proviennent des résultats d'analyse obtenus dans le cadre de nos travaux sur les veines n° 1 (coupe), New Vein (coupe et forage N-81-11), Sharpe (coupe et forage SH-8-85)

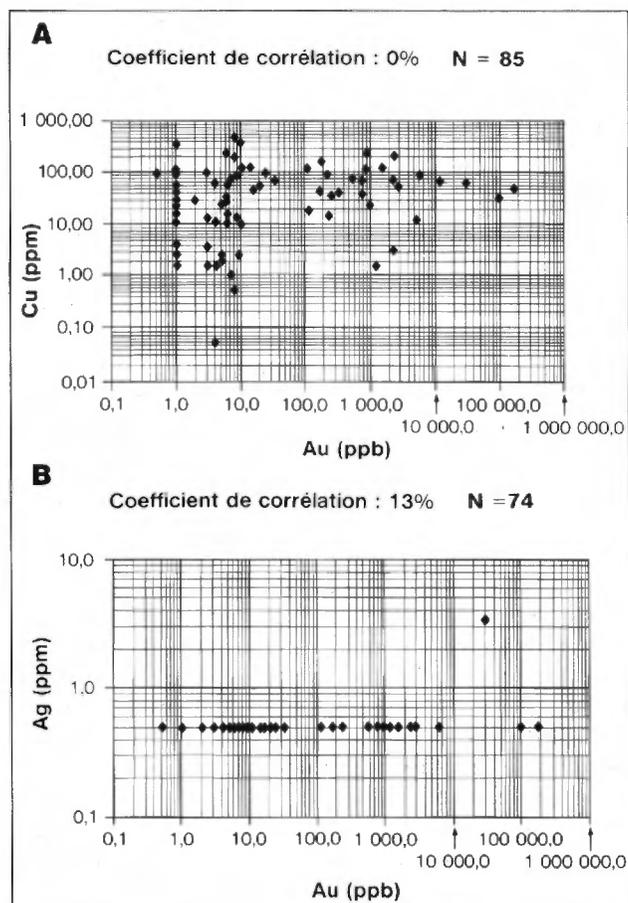


FIGURE 61 — Diagrammes de Cu (en A) et de Ag (en B) en fonction de Au à la mine Norbeau.

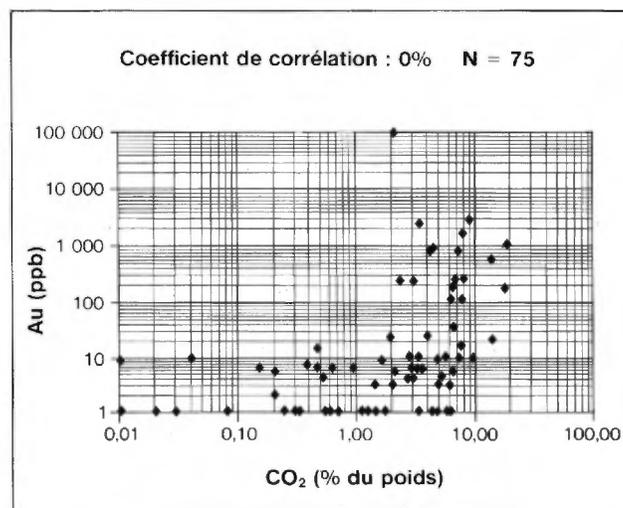


FIGURE 62 — Diagramme de Au (ppb) en fonction de CO<sub>2</sub> à la mine Norbeau.

et Mann (coupe) (annexe III, tableaux B-2 à B-8). De plus, nous avons utilisé les analyses effectuées dans le cadre de notre étude sur la différenciation magmatique (voir dans ce chapitre la section sur la pétrochimie du filon-couche de Bourbeau à la mine Norbeau). Ces échantillons non minéralisés permettent de mieux définir le bruit de fond. De 74 à 85 déterminations ont été considérées pour chaque élément.

On constate d'abord une très bonne corrélation (82%) entre As et Au (figure 60A), ce qui concorde avec nos observations pétrographiques. L'arsénopyrite est en effet pratiquement toujours présente dans les veines et la bordure immédiate des veines. De plus, un seuil de 400 ppm As permet de prévoir des teneurs en or anormales de plus de 150 ppb.

La corrélation entre S et Au est de 24%, donc inexistante (figure 60B). Toutefois, il est à noter que toutes les valeurs de plus de 200 ppb d'or ont plus de 0,9% S. De plus, des valeurs supérieures à 0,9% S permettent de prévoir dans 91% des cas des valeurs en or supérieures à 100 ppb.

Les graphiques de Cu (ppm) en fonction de Au (ppb) (figure 61A) et de Ag (ppm) en fonction de Au (ppb) (figure 61B) montrent qu'il n'existe pas de corrélation entre ces éléments et les teneurs aurifères obtenues. Finalement, le graphique de CO<sub>2</sub> (% du poids) en fonction de Au (ppb) (figure 62) permet de constater, là aussi, l'absence de corrélation entre l'intensité de la carbonatation et les teneurs aurifères. Ces résultats, pour ce qui est de Ag et du CO<sub>2</sub>, concordent avec ceux obtenus à la mine Cooke (voir au chapitre précédent la section sur les éléments indicateurs).

Cette étape permet de préciser les résultats obtenus à l'aide des profils lithogéochimiques présentés précédemment (figures 56, 57, 58, et 59). Elle confirme la relation entre As et Au alors suggérée. Elle révèle l'absence de corrélation entre Cu, Ag, l'intensité de la carbonatation et l'or. De plus, elle suggère que des teneurs >400 ppm Au et >0,9% S indiquent des teneurs anormales en Au ( $\geq 150$  ppb).

## Minéralisations

### INTRODUCTION

Mégascopiquement, la minéralisation à la mine Norbeau est localisée dans des veines de quartz enfumé, à pendages subvertical et subhorizontal, et dans l'encaissant gabbroïque accolé à celles-ci. Les veines de quartz subverticales ont une largeur moyenne de 0,9 à 1,5 m et elles sont cataclasées. Elles contiennent des proportions de sulfures qui varient de traces à environ 5% de l'ensemble des constituants. Les sulfures sont plutôt localisés au contact ou près du contact entre la veine et l'encaissant gabbroïque. Les principaux sulfures sont la pyrite et l'arsénopyrite. Lors de nos travaux, nous avons également observé à quelques reprises des grains d'or visibles à l'oeil nu. Ceux-ci étaient alors libres dans le quartz cataclasé (veines New Vein, Sharpe et Mann) ou associés à des grains de pyrite localisés dans le quartz (veine Mann).

Afin de préciser la nature des phases métalliques, leur concentration, leur texture et leurs associations et interrelations avec la gangue, nous avons réalisé une étude minéragraphique. Cette étude a été effectuée sur les échantillons provenant des zones minéralisées des forages et coupes décrits précédemment (voir section sur l'altération hydrothermale associée aux zones aurifères de la mine Norbeau). Au total, 24 lames minces polies ont été décrites de façon détaillée. Nous présentons maintenant un sommaire des observations se rapportant à la gangue et aux phases métalliques.

### GANGUE

Les zones minéralisées se trouvent à l'intérieur de veines de quartz mises en place dans des zones de cisaillement. Ces veines présentent des preuves de déformation très intense. Le quartz a été cataclasé et polygonisé. Ces déformations ont engendré une diminution de la granulométrie et, par endroits, une néominéralisation de cristaux de quartz de plus petite dimension à l'intérieur des grains cataclasés. Ainsi, il existe au moins deux générations de quartz. Une première génération cataclasée et une seconde néominéralisée, issue de la première. Outre les sulfures, les veines de quartz contiennent également de faibles proportions de carbonates, séricite, leucoxène, tourmaline et chlorite. Ces minéraux semblent provenir pour la plupart de l'altération de fragments d'encaissant incorporés dans les veines de quartz. Il s'agit, en effet, des mêmes phases d'altération que celles observées dans l'encaissant accolé aux veines. La présence de leucoxène issu du remplacement de la titanomagnétite primaire est à cet égard très significatif.

### PHASES MÉTALLIQUES

Les phases métalliques observées dans les zones minéralisées sont principalement la pyrite et l'arsénopyrite. De plus, des traces de pyrrhotite, d'or natif, de chalcoppyrite, de sphalérite et de galène ont également été notées. Nous les décrivons dans l'ordre.

#### Pyrite

La pyrite constitue la principale phase métallique observée. Elle est en faible proportion ( $\leq 1$  à 2%) dans les veines de quartz. Toutefois, elle forme localement (veine Mann) des agrégats grossiers de plusieurs centimètres. La pyrite est surtout abondante dans l'encaissant gabbroïque accolé à la veine. De façon générale, elle y constitue de 5 à 20% de l'ensemble des constituants. La pyrite forme des cristaux idiomorphes de 0,5 à 6 mm et des agrégats millimétriques disséminés. Elle est peu déformée et rarement cataclasée. La pyrite semble par endroits en remplissage de fractures dans le quartz cataclasé de première génération. Elle s'associe à des minéraux de gangue, en particulier au leucoxène. Nous avons en effet observé très fréquemment des contacts entre la pyrite et le leucoxène (figure 63) et des inclusions de ce dernier dans la pyrite. La pyrite contient de nombreuses inclusions de gangue (carbonate, séricite, quartz et tourmaline) et éga-

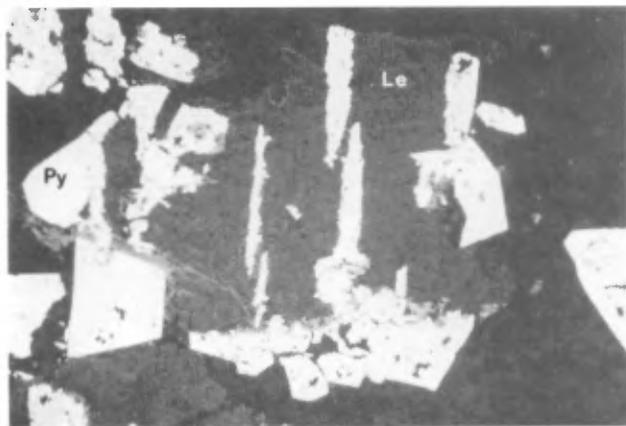


FIGURE 63 — Photomicrographie montrant de la pyrite (Py) intimement liée à du leucoxène (Le). Veine Sharpe. Lumière réfléchie et nicol simple. Largeur de la photo : 0,65 mm.

lement des inclusions de toutes les autres phases métalliques observées, y compris l'arsénopyrite et l'or (figure 64). À la veine n° 1, nous avons observé une certaine zonation minéralogique impliquant la pyrite. En effet, on constate, au contact entre l'encaissant et la veine de quartz, de l'arsénopyrite puis de la pyrite et ensuite du quartz. Le contact entre l'arsénopyrite et la pyrite est franc et net, sans remplacement, et on y observe fréquemment des plages d'or.

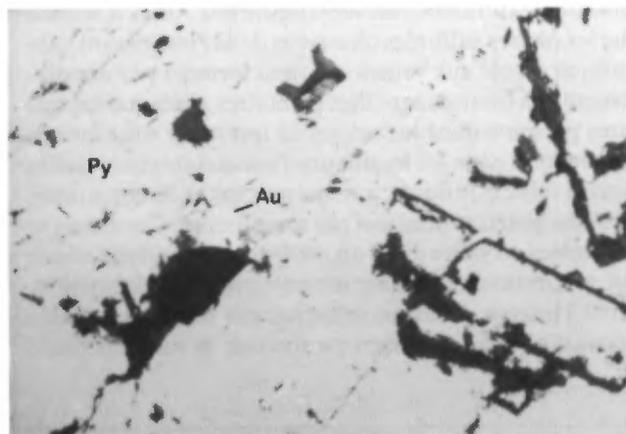


FIGURE 64 — Photomicrographie montrant de l'or (Au) en inclusion dans la pyrite (Py). Lumière réfléchie et nicol simple. Largeur de la photo : 0,32 mm.

### Arsénopyrite

L'arsénopyrite est, après la pyrite, la phase métallique la plus importante. La proportion d'arsénopyrite, dans les zones minéralisées étudiées, varie de 0 à 100% de l'ensemble des sulfures présents. Elle peut donc, exceptionnellement, constituer la principale phase métallique. Toutefois, de façon générale, la proportion d'arsénopyrite est moindre que celle de la pyrite. L'arsénopyrite se présente en cristaux idiomorphes de 0,1 à 4 mm et en agrégats pouvant atteindre quelques centimètres. Elle est fré-

quemment observée dans la veine de quartz ou dans l'encaissant gabbroïque accolé à la veine. Toutefois, sa diffusion dans l'encaissant semble plus restreinte que celle de la pyrite. Elle se localise toujours à proximité du contact avec la veine. Dans l'ensemble, l'arsénopyrite est peu déformée. Contrairement à la pyrite, elle contient peu d'inclusions de gangue. Toutefois, on observe localement des inclusions de chalcopryrite, de pyrrhotite et d'or. Tout comme la pyrite, l'arsénopyrite est fréquemment associée à des grains de leucoxène.

### Pyrrhotite

La pyrrhotite est peu abondante. Nous l'avons observée principalement à la veine Mann et dans le forage N-81-11 (New Vein). À la veine Mann, la pyrrhotite est associée aux agrégats de pyrite. Là où elle est abondante, elle forme une matrice dans laquelle baignent la pyrite, l'arsénopyrite, la chalcopryrite et la galène. Les contacts entre la pyrrhotite et les autres phases métalliques sont francs et nets. Dans le forage N-81-11 recoupant la veine New vein, la pyrrhotite représente la principale phase métallique formée dans l'encaissant gabbroïque accolé aux veines de quartz. Elle se présente alors en grains ou agrégats allotriomorphes. Elle est souvent accolée à des cristaux de titanomagnétite totalement remplacés par du leucoxène. La pyrrhotite, tout comme la pyrite, contient de nombreuses inclusions de gangue (séricite, chlorite et carbonates). Elle contient également, à l'occasion, des inclusions de chalcopryrite et de pyrite.

### Or natif

Nous avons observé plus de 200 plages d'or lors de notre étude pétrographique en lumière réfléchie. Leur diamètre varie de 0,0012 à 0,15 mm. Le diamètre moyen est toutefois de l'ordre de 0,01 à 0,05 mm. La majorité des plages ont été observées en inclusion dans la pyrite (figure 64) et l'arsénopyrite, au contact entre la pyrite et l'arsénopyrite et entre le quartz et la pyrite ou l'arsénopyrite (figure 65), et localement (veine Mann), en rem-

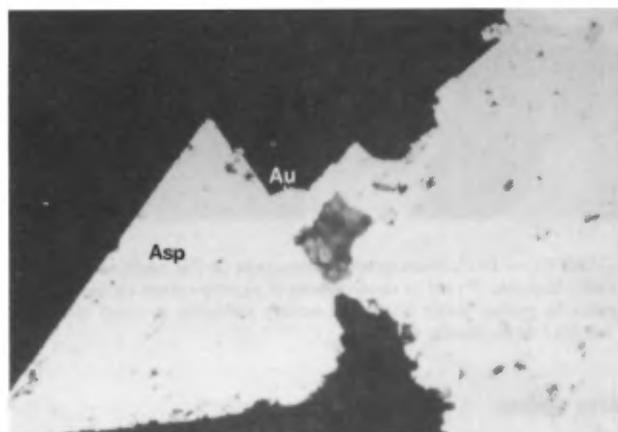


FIGURE 65 — Photomicrographie montrant de l'or (Au) au contact avec du quartz (Qz) et de l'arsénopyrite (Asp). Veine New Vein. Lumière réfléchie et nicol simple. Largeur de la photo : 0,32 mm.

plissage de fractures dans le quartz (figure 66). Nous avons également noté de l'or au contact entre la pyrite et la chalcopryrite qui est elle-même en inclusion dans la pyrite (figure 67) et nous avons observé, à un endroit, de l'or en inclusion dans du leucoxène (figure 68). Dans l'ensemble, l'or ne semble pas être en remplissage de fractures. Toutefois, Prochnau (1971) mentionne, dans son étude minéragraphique à Norbeau, la présence d'or en veinules de plusieurs millimètres, en remplissage de fractures dans la pyrite, parfois associé à la chalcopryrite, la sphalérite ou la galène ou en inclusion dans ces dernières. Il rapporte également la présence d'or sous la forme de veinules ou particules irrégulières en remplissage dans le quartz.

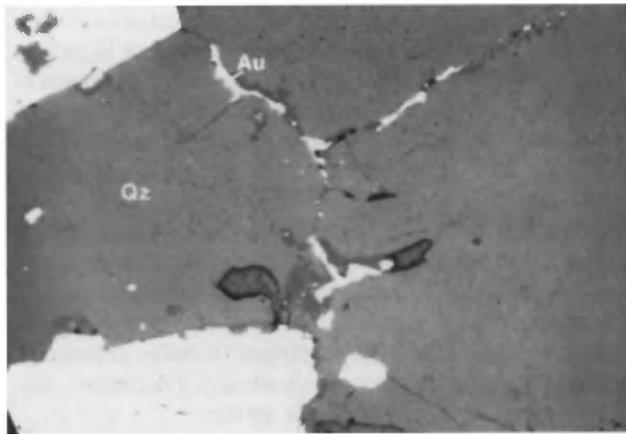


FIGURE 66 — Photomicrographie montrant de l'or (Au) en remplissage de fractures dans du quartz (Qz). Veine Mann. Lumière réfléchie et nicol simple. Largeur de la photo : 0,32 mm.

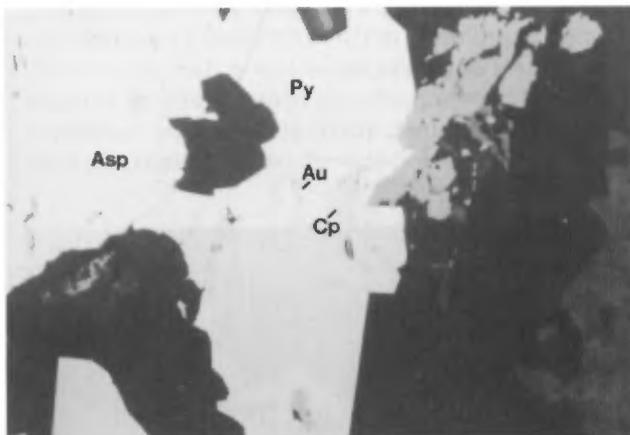


FIGURE 67 — Photomicrographie montrant de l'or (Au) au contact entre la pyrite (Py) et la chalcopryrite (Cp), elle-même en inclusion dans la pyrite. Veine Sharpe. Lumière réfléchie et nicol simple. Largeur de la photo : 0,32 mm.

#### Autres phases

Les autres phases métalliques que nous avons observées ne représentent jamais plus que 1 ou 2% des constituants de la veine ou de la roche encaissante qui les con-

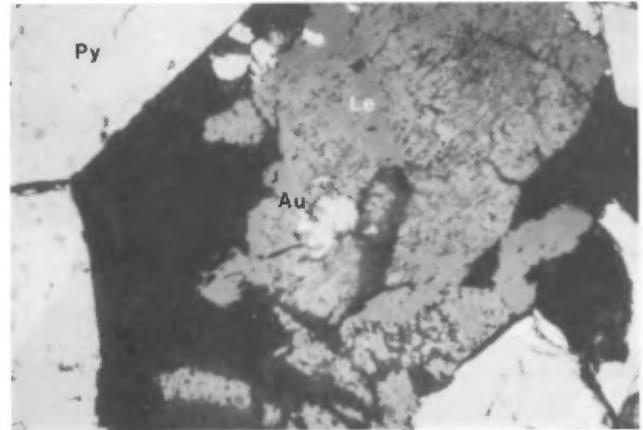


FIGURE 68 — Photomicrographie montrant le l'or (Au) dans du leucoxène (Le). Veine n° 1. Lumière réfléchie et nicol simple. Largeur de la photo : 0,32 mm.

tient. Il s'agit, par ordre d'importance, de la chalcopryrite, de la sphalérite et de la galène. La chalcopryrite forme parfois des plages libres dans le quartz. Toutefois, dans l'ensemble, ces phases sont plutôt observées en inclusion dans la pyrite et, sauf la galène, dans l'arsénopyrite.

#### Paragenèse métallique

Les observations minéragraphiques que nous avons réalisées permettent de proposer un modèle préliminaire de paragenèse métallique basée principalement sur les relations texturales observées (figure 69). Ainsi, il semble que les phases sulfurées observées dans l'encaissant gabbroïque accolé aux veines se soient formées par remplacement des titanomagnétites primaires alors que les sulfures présents dans les veines de quartz se sont formés par réaction entre les fragments d'encaissants incorporés dans la veine et le fluide, par une précipitation contemporaine du quartz primaire et par remplissage. Ces veines se sont mises en place dans un environnement dynamique qui a continué d'évoluer même après leur formation. Ainsi, l'intense cataclase subie par ces veines et veinules aurait créé des ouvertures permettant la mise en place

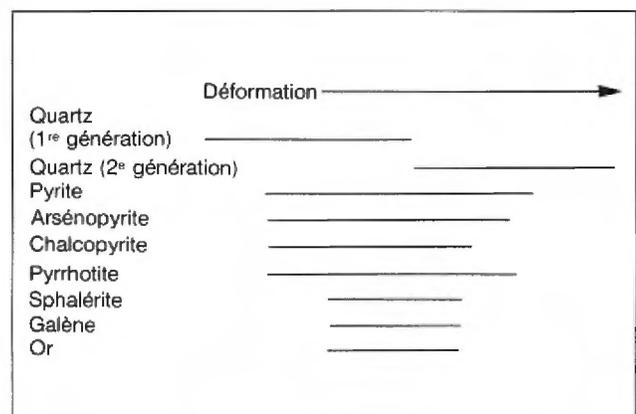


FIGURE 69 — Paragenèse métallique basée sur les relations texturales observées à la mine Norbeau.

et(ou) la redistribution des sulfures et de l'or. Cette dernière hypothèse avait également été retenue par Prochnau (1971).

Selon nos observations pétrographiques, la majorité des phases métalliques a commencé à précipiter simultanément (figure 69). Toutefois, comme la pyrite contient des inclusions de toutes les autres phases métalliques, elle semble avoir continué à se développer après la formation des autres phases qu'elle a incorporées tout comme de nombreux cristaux de gangue. La pyrite semble donc porphyroblastique. Il en est de même pour la pyrrhotite observée dans les secteurs de la veine Mann et de la veine New vein.

La plupart des sulfures sont soit disséminés dans le quartz, soit localisés dans des fragments de roches encaissantes incorporés dans la veine de quartz, ou situés au contact entre la veine et l'encaissant, ou très près de ce contact. Il semble donc exister un lien spatial et génétique entre la présence de la roche encaissante et la présence des sulfures. Ce lien est mis en évidence par la relation intime entre le leucoxène, issu du remplacement des titanomagnétites primaires, et les phases métalliques. Nous avons d'ailleurs observé des contacts de remplacement et des inclusions de leucoxène dans la pyrite, l'arsénopyrite et la pyrrhotite, qui démontrent que ces phases métalliques ont utilisé le fer des titanomagnétites primaires pour se former. Finalement, les plages d'or que nous avons observées sont, pour la plupart, en inclusion dans la pyrite et l'arsénopyrite ou au contact entre ces deux phases. Elles semblent en inclusion et rarement en remplissage de fractures. Le potentiel électrochimique de ces deux phases explique possiblement cette relation spatiale (Sakharova & Lobacheva, 1967).

## Géologie structurale

### INTRODUCTION

L'environnement structural de la mine Norbeau a été étudié par différents auteurs dont les principaux sont : Geisterfer (1960), Prochnau (1971) et Duquette (1976 et 1982). Ceux-ci ont discuté sommairement des différents éléments structuraux dans l'environnement de la mine. Dans le but de définir les caractéristiques structurales des discontinuités, d'établir une chronologie et, peut-être, de mieux comprendre les mécanismes de mise en place de la minéralisation à la mine Norbeau, nous avons réalisé une étude structurale détaillée. Pour ce faire, nous avons cartographié à l'échelle de 1 : 2400 l'ensemble de la propriété et avons aussi cartographié à la planchette (échelle de 1 : 240) les veines E-W et la veine n° 1 telles qu'observées en surface. Nous avons mis en évidence plusieurs types de discontinuités résultant d'au moins deux épisodes de déformation. Il s'agit : de la stratification  $S_0$ , de la schistosité et des cisaillements  $S_2$ , du clivage et des failles  $S_3$  et des joints et fractures d'orientations diverses. Nous les décrirons dans l'ordre.

### STRATIFICATION $S_0$

La direction de la stratification est principalement mise en évidence par les contacts entre les différents types

de sédiments présents dans la Formation de Blondeau. Les contacts entre les unités stratigraphiques, les différents faciès formés à l'intérieur des filons-couches et le litage magmatique présent dans le leucogabbro ont également été localement cartographiés. Le stéréogramme équaire présenté à la figure 70A réunit l'ensemble des données que nous avons recueillies. Ainsi, l'attitude moyenne de la stratification se situe entre  $254^\circ/70^\circ$  et  $265^\circ/70^\circ$ . Les strates sont donc orientées E-W et ont un fort pendage vers le N.

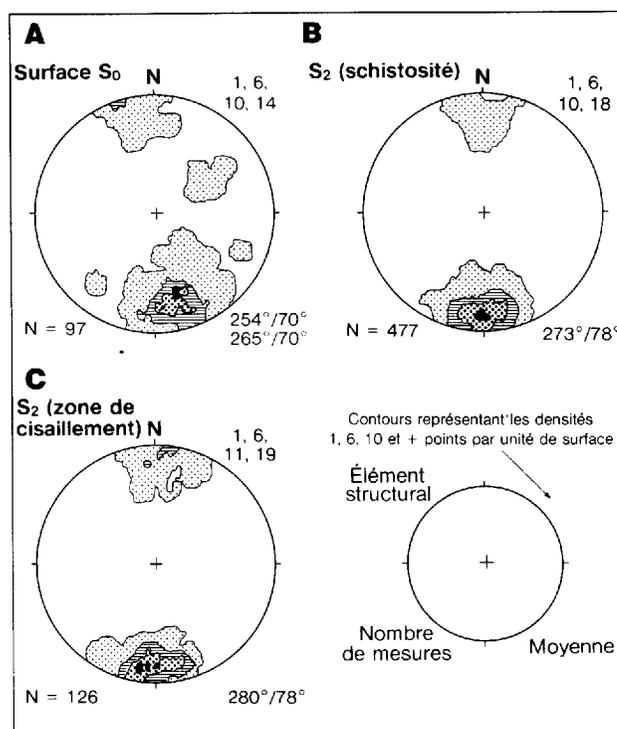


FIGURE 70 — Stéréogrammes équaires des pôles des plans  $S_0$  (en A), de la schistosité  $S_2$  (en B) et des cisaillements  $S_2$  (en C) à la mine Norbeau.

Dans le secteur est, nous avons localement noté un fait intéressant. Le litage magmatique dans le leucogabbro du filon-couche de Bourbeau n'a pas la même orientation que la stratification  $S_0$  observée dans les sédiments. Le litage magmatique est, en effet, localement orienté NNE. Toutefois, les contacts observés au sud du leucogabbro du filon-couche de Bourbeau, entre la péridotite du Bourbeau, le gabbro Ventures et les sédiments du Blondeau, demeurent E-W. Nous croyons donc que la variation dans l'orientation du litage magmatique a peut-être été causée par des perturbations primaires locales (courants de convection?) lors de la cristallisation du filon-couche.

### DISCONTINUITÉS $S_2$

#### Introduction

Les discontinuités structurales  $S_2$  sont principalement mises en évidence par la schistosité et les zones de cisail-

lement E-W auxquelles s'associent les veines de quartz aurifères (New Vein, Sharpe, Mann et n° 2). Nous avons également considéré, dans cette catégorie, les zones de cisaillement ESE (veine n° 5) et les zones de cisaillement d'orientation E-W à NW-SE affectant le sommet du filon-couche de Roberge. Finalement, nous croyons que les caractéristiques structurales que nous avons définies pour les veines aurifères E-W permettent d'intégrer à ce système les veines de quartz aurifères n° 1 et n° 4 exploitées à la mine Norbeau.

### Schistosité et clivage E-W

Dans la région de Chibougamau, la schistosité  $S_2$  est une schistosité de plan axial associée à l'événement tectonique le plus important (Daigneault & Allard, 1984). Dans la région étudiée, cette schistosité se manifeste par une foliation minérale (chlorite, leucoxène) et une microfracturation d'orientation E-W. De plus, localement, on observe qu'elle est mieux développée près des contacts entre les différentes unités stratigraphiques. Le stéréogramme équiaire de la figure 70B présente une compilation de l'ensemble des attitudes de la schistosité  $S_2$  que nous avons mesurées. L'attitude moyenne est de  $273^\circ/78^\circ$ . La schistosité  $S_2$  a donc une orientation E-W, un pendage vers le N et est subparallèle à la stratification  $S_0$ .

### Failles longitudinales E-W à NW-SE

Dans la partie sud-ouest de la région étudiée, nous avons observé une augmentation de la schistosité au contact entre les différentes unités lithologiques et le filon-couche de Roberge. En effet, à certains endroits, nous avons noté des zones très cisaillées localisées dans le Roberge au contact avec les filons-couches de Ventures, de Bourbeau ou les sédiments de la Formation de Blondeau. À ce propos, nous avons noté, au sud-est de la veine n° 1, une zone de mylonite à ultramylonite (Sibson, 1977) très intense, de 0,9 à 1,5 m de largeur, localisée au contact entre le Roberge et le Bourbeau. Cette zone de faille a une orientation E-W à NW-SE et possède un pendage de  $70^\circ$  à  $85^\circ$  vers le N. La déformation est toujours beaucoup mieux développée dans le Roberge. La très grande ductilité de ce matériau ultramafique facilite sa déformation.

Ce type de faille a été reconnu dans les régions avoisinantes par différents auteurs dont : Allard (1976), Duquette (1976 et 1979), Daigneault & Allard (1984), Pilote *et al.* (1984) et Pilote (1986). Ces failles, appelées longitudinales ou de chevauchement, sont généralement subparallèles aux contacts entre les différentes unités stratigraphiques. Selon Duquette (1979), Pilote *et al.* (1984) et Pilote (1986), elles sont, par endroits, légèrement discordantes, recoupant ainsi la stratigraphie. Par conséquent, nous croyons que la (ou les) faille(s) d'orientation E-W à NW-SE, délimitant en grande partie le contact entre le filon-couche de Roberge et les autres unités stratigraphiques dans la partie sud-ouest du secteur étudié, s'associent aux failles longitudinales cartographiées régionalement et localement, comme par exemple la faille du Lac Antoinette ou celle du Lac Cummings (Duquette,

1979; Daigneault & Allard, 1984; et Pilote, 1984 et 1986). Ces failles sont donc probablement contemporaines de la schistosité régionale et locale  $S_2$ .

### Zones de cisaillement E-W

Les zones de cisaillement E-W constituent le type de structure le plus fréquent dans la région étudiée. Elles sont fréquentes au contact ou près du contact entre deux unités stratigraphiques ou entre deux faciès lithologiques différents. Toutefois, ces zones sont particulièrement bien développées dans les sédiments de la Formation de Blondeau de la zone de sulfure occupant la partie centre-est de la région étudiée (figure 43) et surtout dans le filon-couche de Bourbeau, en particulier dans les faciès ferrogabbroïques et ferrodioritiques. Ces zones de cisaillement ont des dimensions variant de 2,5 cm à 12 ou 15 m de largeur (veines New Vein, Sharpe et n° 2). Le stéréogramme équiaire de la figure 70C présente une compilation de l'ensemble des directions de schistosités dans les cisaillements E-W que nous avons cartographiés. Il n'inclut toutefois pas les zones contenant les veines aurifères E-W (ces dernières seront traitées séparément à la section suivante). L'attitude moyenne de la schistosité ainsi obtenue est de  $280^\circ/78^\circ$ . Il s'agit donc de zones où la schistosité est mieux développée, plus intense que la schistosité  $S_2$  décrite précédemment, mais de même attitude que celle-ci.

Ces zones de cisaillement contiennent les veines aurifères connues sous les noms de n° 2, New Vein (Shécapio), Sharpe et Mann. Comme les trois dernières ont fait l'objet de décapage et de nettoyage intensif, nous avons entrepris, à l'été 1985, des travaux de cartographie détaillés à la planchette (échelle de 1 : 240). Ceux-ci nous ont permis de mieux définir le contexte structural de ces zones de cisaillement. Nous résumerons, dans les pages qui suivent, l'essentiel de nos observations.

### Caractéristiques structurales des zones de cisaillement associées aux veines aurifères E-W

Du point de vue structural, les trois veines minéralisées de direction E-W que nous avons étudiées sont pratiquement identiques. De fait, l'attitude moyenne des veines New Vein (Shécapio), Sharpe et Mann est respectivement de  $092^\circ/63^\circ$ ,  $090^\circ/60^\circ$  et  $085^\circ/80^\circ$ . Ces veines se sont mises en place à l'intérieur de zones de cisaillement ductiles-cassantes (Ramsay, 1980) dont la largeur est de l'ordre de 12 à 15 m. En plan, la zone de cisaillement se manifeste par des zones très schisteuses et fortement altérées. La schistosité dominante est subparallèle à la direction du cisaillement. Les stéréogrammes équiaires présentés à la figure 71 montrent que la schistosité dominante observée aux veines New Vein et Sharpe est respectivement de  $270^\circ/78^\circ$  et de  $270^\circ/80^\circ$ . Nous avons également observé une seconde schistosité, moins bien développée. Son attitude moyenne est de  $100^\circ/78^\circ$  à la New Vein et de  $107^\circ/87^\circ$  à la veine Sharpe (figure 72). Il s'agit donc d'une schistosité (ou d'un clivage de fracture) orientée parallèlement à la première, mais dont le pendage est

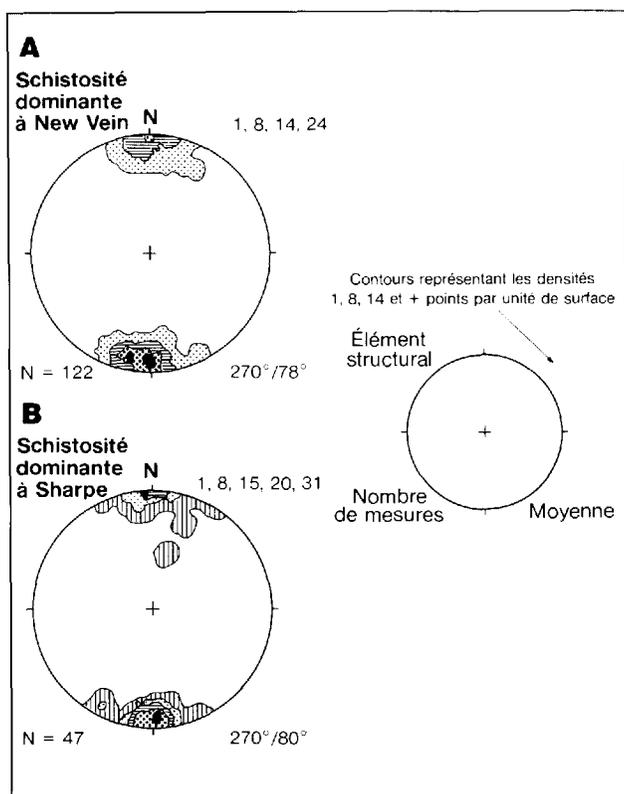


FIGURE 71 — Stéréogrammes équiaires des pôles des plans de la schistosité dominante à la veine New Vein (en A) et à la veine Sharpe (en B).

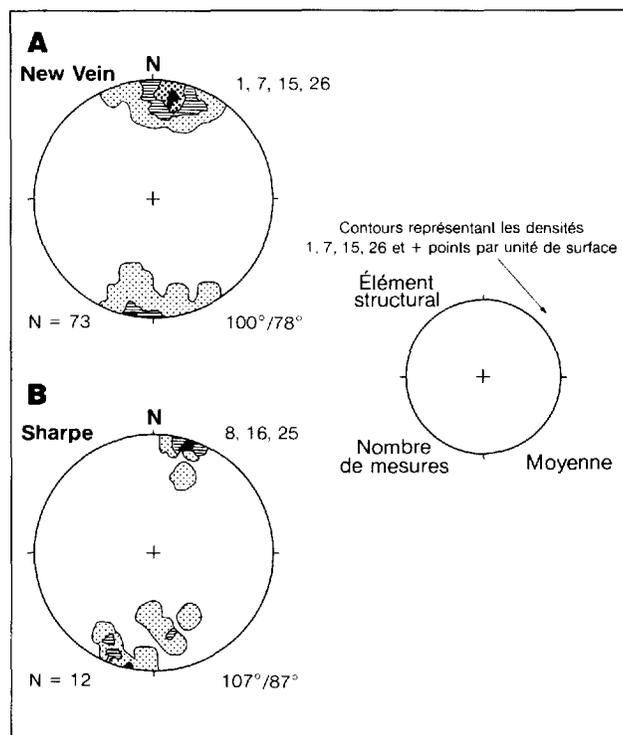


FIGURE 72 — Stéréogrammes équiaires des pôles des plans de la seconde schistosité (cisaillement) à la veine New Vein (en A) et à la veine Sharpe (en B).

abrupt vers le S. Cette seconde schistosité recoupe à quelques endroits la première et nous croyons qu'il peut s'agir de plans de cisaillement. Cette hypothèse est fortement suggérée par une vue en coupe dans une tranchée localisée à l'extrémité est de la New Vein. À cet endroit, on observe des plans rectilignes 096°/78° et distants de 0,3 à 0,9 m qui recouper nettement une schistosité à 270°/80°. Ces plans sont lisses et rectilignes et ils correspondent probablement à des plans de cisaillement. Ils contiennent des stries à 205°/62° indiquant un mouvement principalement en chevauchement avec une faible composante senestre. Il est également possible que, par endroits, il n'existe qu'une seule schistosité et qu'elle ait été déformée en sigmoïde par le mouvement en chevauchement.

En coupe, les relations de pendage, observées entre la schistosité principale et la veine de quartz, indiquent dans tous les cas un mouvement inverse. En effet, alors que le pendage de la veine est S, celui de la schistosité dominante est N. Finalement, nous croyons que les plans de cisaillement, à l'intérieur desquels s'est développée la schistosité et délimitant l'enveloppe de la zone de cisaillement, possèdent tout comme la veine un pendage vers le S. La section de sondage de la figure 73 montre bien que, même si la schistosité possède un pendage vers le N, son enveloppe est à pendage vers le S. Ceci démontre également que les zones de cisaillement E-W se caractérisent par des mouvements en chevauchement.

Les mesures de stries effectuées sur les veines de quartz d'orientation E-W et les linéations mesurées sur les plans de schistosité suggèrent un mouvement principalement inverse avec une composante senestre (figure 74, diagrammes A et B). Les linéations mesurées à la veine New Vein (figure 74A) sont disposées sur un grand cercle dont l'attitude moyenne est de 210°/74°. Le bloc diagramme présenté à la figure 75 illustre ce mouvement en chevauchement du bloc sud sur le bloc nord. De plus, du côté chevauché (bloc nord), on note en plan des veines de quartz subhorizontales. Ces veines sont relativement

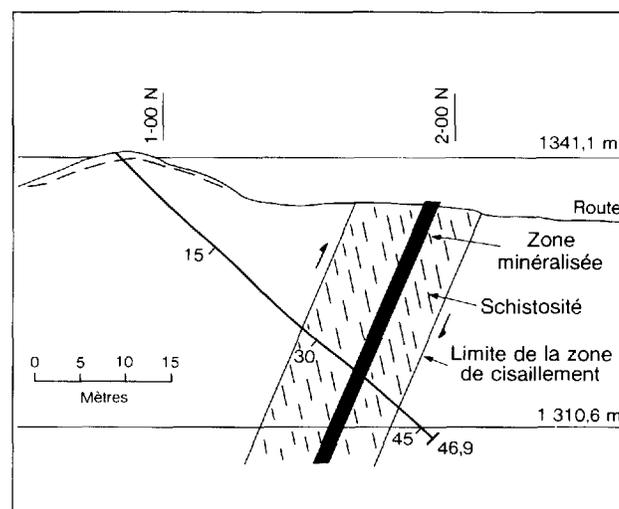


FIGURE 73 — Section du sondage SH-8-85 (32-95E) montrant la relation angulaire entre la schistosité et la zone de cisaillement. Modifiée d'après Norbeau Mines Ltd.

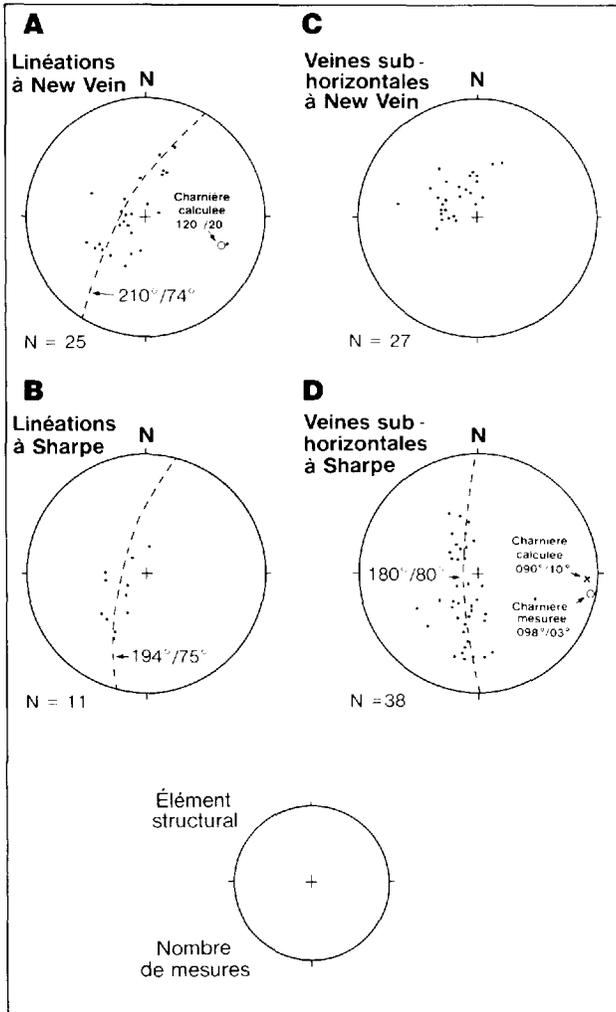


FIGURE 74 — Stéréogrammes équiangles des linéations mesurées à la veine New Vein (en A) et à la veine Sharpe (en B). Aussi, stéréogrammes équiangles des pôles des veines subhorizontales mesurées à la veine New Vein (en C) et à la veine Sharpe (en D).

précoces dans ce système en chevauchement car elles ont été plissées et entraînées dans le sens du mouvement. Les stéréogrammes équiangles présentés aux diagrammes C et D de la figure 74 montrent la distribution de l'attitude des veines subhorizontales cartographiées aux veines New Vein et Sharpe. On constate à la veine Sharpe (figure 74D) que les pôles de ces plans tombent sur un grand cercle à  $180^\circ/80^\circ$ . De plus, nous avons mesuré, à un endroit, la charnière d'un pli affectant une veine subhorizontale et son attitude ( $098^\circ/03^\circ$ ) est semblable à celle de la charnière de plis calculée ( $090^\circ/10^\circ$ ) selon l'orientation du grand cercle contenant les linéations. Cette distribution suggère que leur déformation s'est effectuée de façon structurée et uniforme. De plus, le plan contenant les pôles des veines subhorizontales est comparable à celui contenant le pôle des linéations mesurées à la veine New Vein, suggérant ainsi que le même mouvement en chevauchement est la cause de cette déformation. Ce chevauchement s'est poursuivi même après la mise en place des veines de quartz E-W subverticales car les veines New Vein, Sharpe et Mann

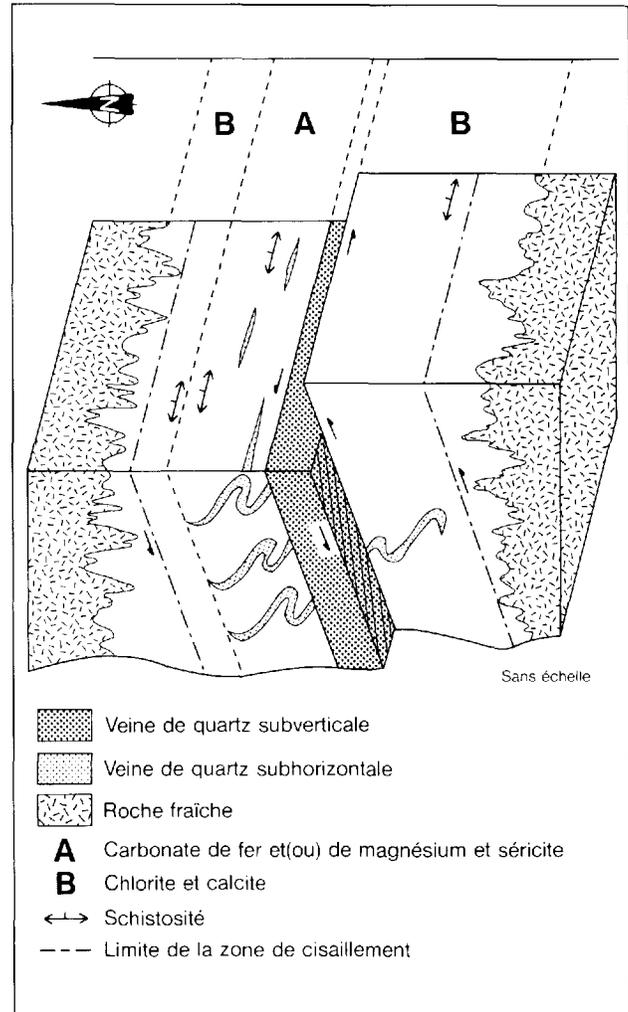


FIGURE 75 — Bloc diagramme illustrant les relations structurales observées à l'intérieur des zones de cisaillement à la mine Norbeau.

sont toutes trois cataclasées, fracturées et certaines contiennent des stries. Ces mouvements tardifs à l'intérieur des zones de cisaillement et la rotation possible de blocs à la faveur de déplacements causés par des failles postérieures (failles NNE) expliquent peut-être la dispersion observée dans l'orientation des veines subhorizontales, en particulier à la figure 74C. Finalement, on note localement (veines New Vein et Sharpe) des veines de quartz-tourmaline. Il s'agit de veines subhorizontales, en tension, qui ne semblent pas plissées. Elles représentent probablement le dernier événement survenu dans le développement des zones de cisaillement E-W.

#### Zones de cisaillement ESE

Il existe localement des zones de cisaillement orientées ESE. Ces zones sont principalement localisées dans le secteur est (figure 43). L'une d'elles contient la veine de quartz aurifère n° 5. Ces zones de cisaillement sont moins bien développées et semblent posséder une extension

latérale plus faible. De plus, elles semblent rattachées aux cisaillements E-W. En effet, on note des cisaillements ESE à chacune des extrémités de la veine Sharpe.

L'attitude moyenne de la veine n° 5 est de  $120^{\circ}/67^{\circ}$ . Les caractéristiques structurales révèlent qu'il s'agit d'une zone de cisaillement en chevauchement. En effet, une vue en coupe de la veine (figure 76) permet de constater que la veine ( $118^{\circ}/67^{\circ}$ ) a un pendage vers le S, alors que la schistosité associée ( $288^{\circ}/70^{\circ}$ ) possède un pendage vers le N. Un fait particulier à mentionner est la présence de deux types de linéation sur la veine de quartz n° 5. Nous y avons observé, en effet, la présence de stries verticales à  $262^{\circ}/52^{\circ}$  recoupées par des stries subhorizontales à  $292^{\circ}/3^{\circ}$ . Cette observation suggère donc deux types de mouvement : un premier vertical et un second latéral (et peut-être plus local). Nous croyons que ces zones de cisaillement ESE sont contemporaines des cisaillements E-W et qu'elles représentent peut-être des cisaillements de Riedel du type «P».

#### Veines aurifères NE-SW et N-S (n° 1 et n° 4)

Les veines de quartz aurifère n° 1 et n° 4 représentent, jusqu'à présent, les deux structures aurifères les mieux développées et les plus importantes à la mine Norbeau. Elles ont, en effet, produit l'ensemble du minerai extrait de 1964 à 1969. Ces veines ont été étudiées par Prochnau (1971). Celui-ci mentionne que leur attitude varie. Ainsi,

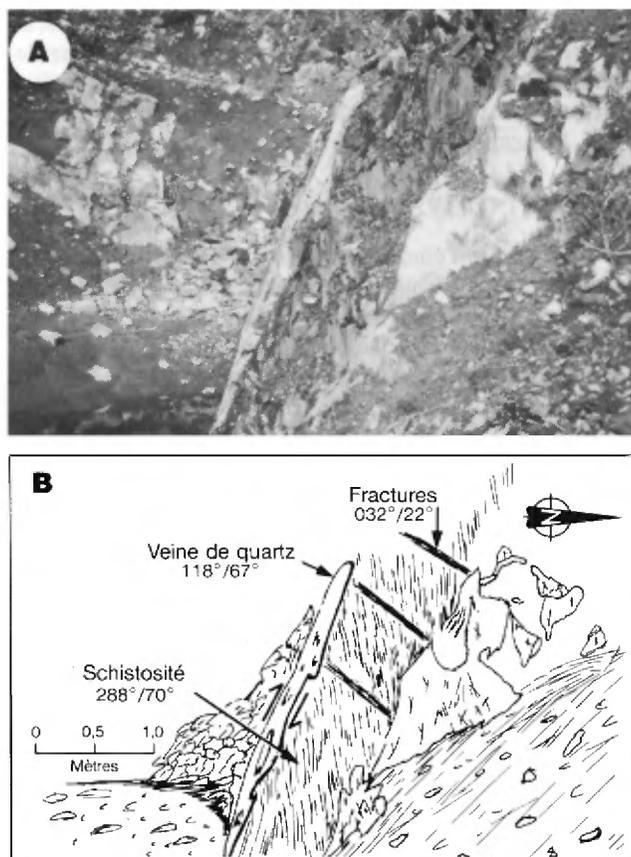


FIGURE 76 — Photographie (en A) et représentation schématique (en B) d'une vue en coupe de la veine n° 5 à la mine Norbeau.

la veine n° 1 a une attitude moyenne de  $035^{\circ}/50^{\circ}$ , mais elle dévie vers le N dans sa partie centrale (figure 77, diagrammes A et B). Pour sa part, la veine n° 4 est N-S dans sa partie centrale, mais tourne vers le NW à son extrémité nord et vers le SW à son extrémité sud (figure 77, diagrammes A et B). Il est intéressant de noter que la veine n° 4 n'affleure pas; elle apparaît seulement à partir du niveau 1 et n'est économique qu'à partir du niveau 3 (figure 77, diagrammes A et B). Prochnau (1971) mentionne également que le toit de la veine n° 1 est marqué par une faille représentée par une zone de gouge de 15 cm et que la schistosité et les linéations suggèrent que le mouvement final de la veine est inverse et légèrement dextre. Finalement, selon Prochnau (1971), la veine n° 4 est similaire à la veine n° 1, mais est plus irrégulière et déformée. La relation angulaire entre les veines n° 1 et n° 4 lui est inconnue. Toutefois, toujours selon Prochnau, elles se rejoignent vers la surface (figure 77C).

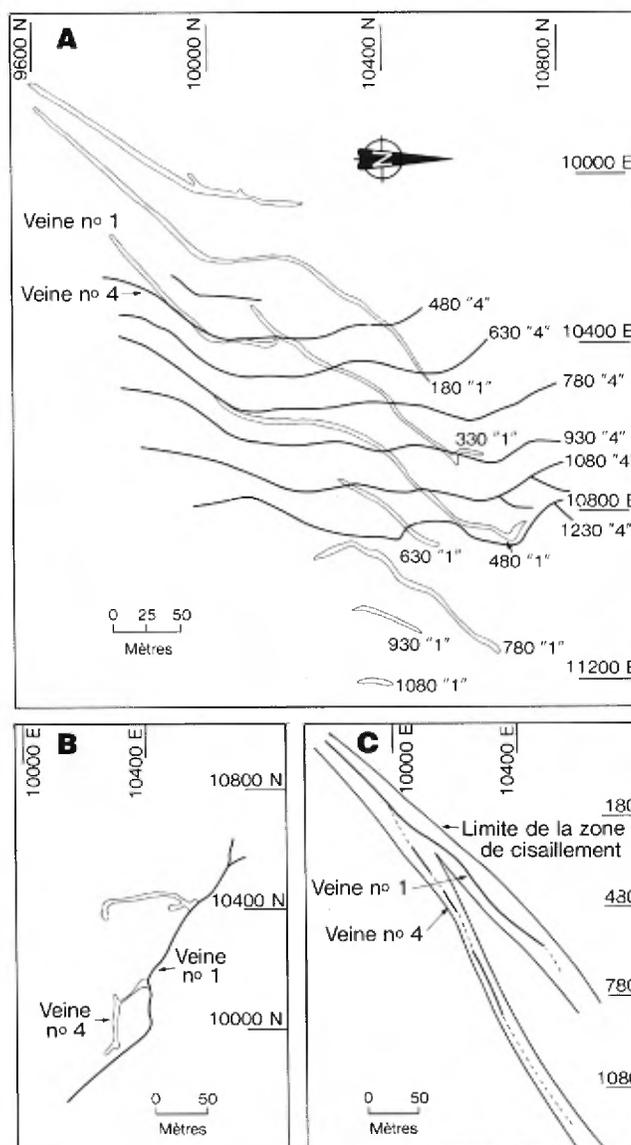


FIGURE 77 — Vue en plan (en A et B) et en coupe (en C) des veines n° 1 et n° 4 à la mine Norbeau. D'après Prochnau, 1971.

Notre étude structurale de ces veines fut limitée à la cartographie en surface de la veine n° 1, étant donné que la mine est fermée depuis 1969. Malheureusement, la cessation des travaux d'exploitation rend la tâche difficile et ne permet, en surface, qu'une observation restreinte et discontinue de cette veine. Nous avons tout de même pu constater que l'attitude de la veine varie de  $020^{\circ}/48^{\circ}$  (extrémité nord) à  $052^{\circ}/55^{\circ}$  (extrémité sud). Elle est localisée à l'intérieur d'une zone de cisaillement très intense caractérisée par une très forte schistosité orientée subparallèlement à la veine, mais possède un pendage soit plus abrupt que celui de la veine, soit de sens inverse (vers le NW), démontrant ainsi que le mouvement associé à cette zone de cisaillement est un mouvement inverse. Nous avons également observé que la déformation semble moins intense du côté du mur que du côté du toit. De plus, on note, dans le mur, des veines de quartz subhorizontales. Notre cartographie suggère un mouvement latéral senestre de part et d'autre de la veine n° 1. Toutefois, ce mouvement latéral vers la gauche est apparent. En effet, nous avons noté, à plusieurs endroits, des linéations d'étirement, mesurées sur les plans de schistosité, d'attitude moyenne de  $080^{\circ}/60^{\circ}$ , suggérant ainsi que le mouvement principal est en chevauchement (inverse) avec une certaine composante latérale dextre, ce qui est conforme aux observations faites sous terre par Prochnau (1971). La veine n° 1 possède donc des caractéristiques structurales similaires à celles des veines E-W. Seule son attitude varie.

Lors de notre cartographie, nous avons constaté, par endroits, que la zone de cisaillement NNE associée à la veine n° 1 recoupe la schistosité E-W. Toutefois, vers son extrémité nord, la veine n° 1 semble affectée par une zone de cisaillement E-W. De plus, à son extrémité sud, le prolongement de la zone de cisaillement NNE ne semble pas recouper la faille longitudinale E-W localisée au sommet du Roberge. Cette constatation est également suggérée par un levé magnétique au sol (Geisterfer, 1960) démontrant que le filon-couche de Roberge n'est pas déplacé par le cisaillement de la veine n° 1. Finalement, Prochnau (1971) mentionne que de petites failles E-W recoupent fréquemment les veines n° 1 et n° 4. Par conséquent, il est très probable que la zone de cisaillement NNE contenant la veine n° 1 soit contemporaine des cisaillements E-W. Il en serait fort probablement de même pour la veine n° 4.

Le stéréogramme présenté à la figure 78 montre l'attitude des principales veines aurifères E-W et des veines n° 1, n° 4 et n° 5. On constate que pratiquement toutes les veines s'intersectent dans un même secteur, suggérant ainsi fortement qu'elles sont contemporaines et associées à un même événement tectonique (Anderson, 1951). En effet, outre celles entre la veine n° 5 et les autres veines, les intersections sont très rapprochées. Ce synchronisme structural est d'ailleurs confirmé par les caractéristiques géologiques. En effet, les caractéristiques mégascopique, pétrographique et géochimique de l'altération hydrothermale, de même que le type de minéralisation et les phases métalliques sont identiques.

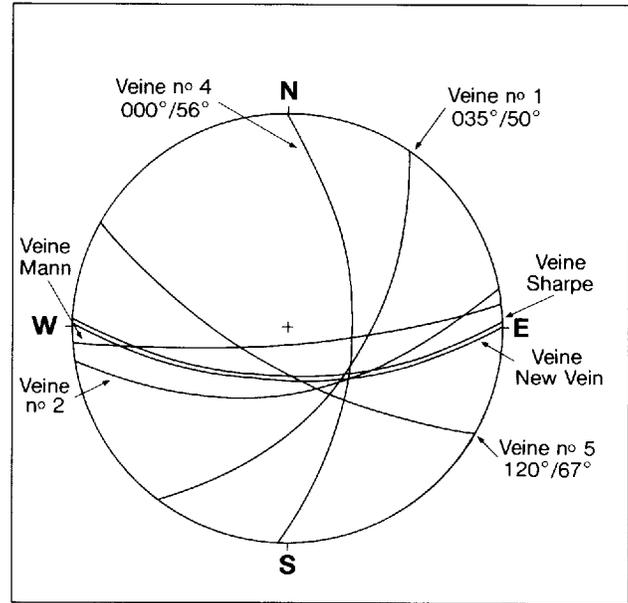


FIGURE 78 — Stéréogramme montrant la relation angulaire entre les plans représentant l'attitude moyenne des veines de quartz aurifères à la mine Norbeau.

La veine n° 11 est une structure subparallèle à la veine n° 1. Localisée à l'est de celle-ci (figure 43), elle a été délimitée par forages. Il s'agit d'une zone de cisaillement très intense dans laquelle Norbeau Mines n'a décelé que des traces d'or. En surface, nous avons observé localement la manifestation de cette structure. Il s'agit d'une zone de cisaillement très intense dont l'attitude est de  $053^{\circ}/70^{\circ}$  dans le secteur nord-est et de  $028^{\circ}/71^{\circ}$  dans sa partie sud-ouest. L'encaissant y est très chloritisé et riche en calcite.

### DISCONTINUITÉS $S_3$

Dans la région étudiée, nous avons observé une déformation postérieure aux discontinuités  $S_0$  et  $S_2$ . Il s'agit de plans de clivage de fracture et localement de failles orientés NW-SE et NE. Ces discontinuités ont été particulièrement mises en évidence dans les sédiments de la Formation de Blondeau localisés dans la zone de sulfure située dans la partie centre-est (figure 43). À cet endroit, de nombreux lits marqueurs nous ont permis d'observer plus facilement les déplacements et la chronologie des événements. Nous avons donc noté un clivage de fracture tardif ( $305^{\circ}/74^{\circ}$ ) qui recoupe très nettement la zone de cisaillement E-W affectant les sédiments. À quelques endroits, on note également des failles NW-SE dextres (figure 79) et des failles NE-SW senestres. Ces failles possèdent, dans ce secteur, des déplacements mineurs d'au plus quelques mètres.

La déformation  $S_3$  est présente sur l'ensemble de l'environnement de la mine Norbeau. À titre d'exemple, la veine Sharpe est recoupée par une faille NW-SE ( $328^{\circ}/80^{\circ}$ ) ayant provoqué un déplacement dextre d'environ 3 m et, à l'extrémité ouest de la veine New Vein, on note une faille à  $175^{\circ}/75^{\circ}$  contenant des stries horizontales à  $168^{\circ}/12^{\circ}$ . Le stéréogramme de la figure 80A présente une compilation de l'ensemble des plans de clivage de fracture associés

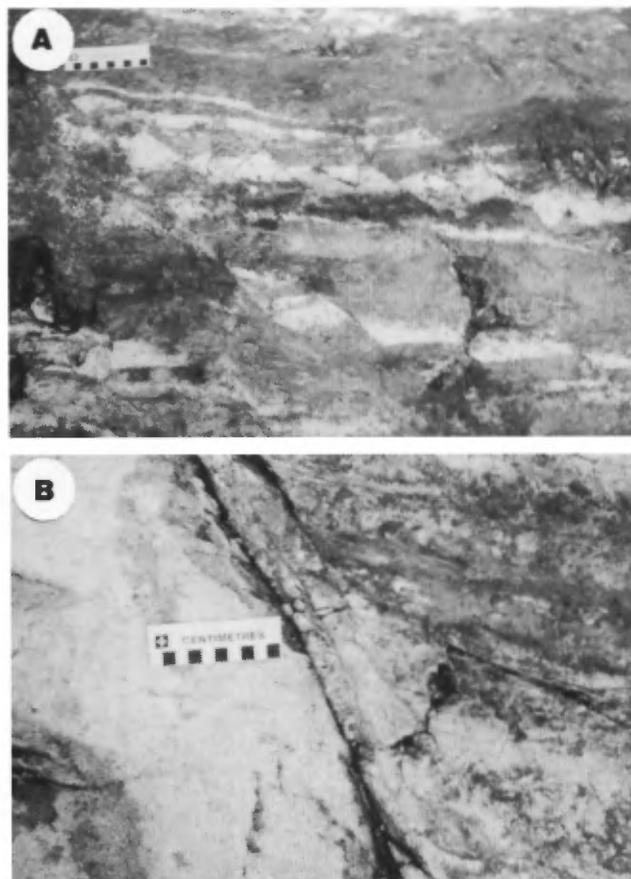


FIGURE 79 — Photographies (en A et B) des failles cassantes NW dextres observées dans les sédiments de la Formation de Blondeau.

à cette déformation. L'attitude moyenne est de  $310^{\circ}/74^{\circ}$  avec des concentrations notables à  $237^{\circ}/76^{\circ}$  et  $058^{\circ}/65^{\circ}$ . Quant à l'ensemble des plans de faille ou de cisaillement mineurs associés à  $S_3$  (figure 80B), il possède une attitude moyenne de  $037^{\circ}/64^{\circ}$  avec des concentrations notables à  $058^{\circ}/76^{\circ}$  et  $316^{\circ}/74^{\circ}$ .

Dans la partie sud-ouest du secteur, le déplacement des unités stratigraphiques, en particulier la péridotite-pyroxénite du filon-couche de Bourbeau, suggère la présence de failles NE-SW senestres. Le rejet apparent le long de ces failles est de l'ordre de 60 à 90 m. Toutefois, ces failles sont mises en évidence dans un secteur où les

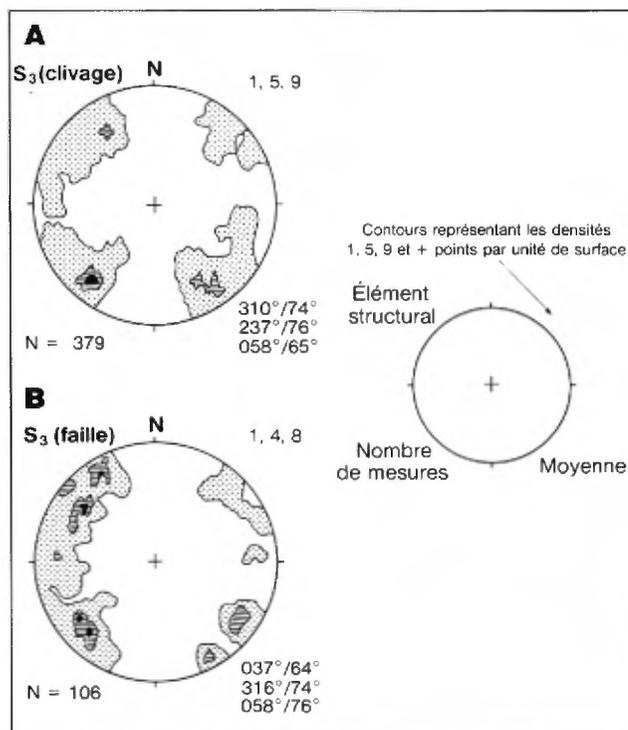


FIGURE 80 — Stéréogrammes équiariaux des pôles des plans de clivage  $S_3$  (en A) et des failles et cisaillements mineurs  $S_3$  (en B).

variations topographiques sont très marquées. De fait, après avoir effectué une correction tenant compte des variations topographiques, on constate que le rejet net est alors d'une trentaine de mètres. Ces failles ont une attitude qui varie de  $040^{\circ}/80^{\circ}$  à  $020^{\circ}/70^{\circ}$ . Il s'agit de failles cassantes de faible largeur auxquelles il ne semble pas y avoir d'altération hydrothermale et de minéralisation directement associées. Ce type de failles a également été observé immédiatement à l'ouest du secteur étudié (Pilote, 1986). L'extension latérale de ces failles est difficile à déterminer. Nous n'avons pas retracé leur continuité dans la partie supérieure du filon-couche de Bourbeau. Le manque d'horizons stratigraphiques bien définis et la faible largeur de ces failles rendent leur détection très difficile. Toutefois, nous croyons peu probable que ces failles aient une influence marquée sur l'extension des zones de cisaillement E-W contenant les veines aurifères E-W.



# Caractérisation des indices aurifères

## Introduction

Dans le but de définir les principales caractéristiques des indices aurifères localisés dans le filon-couche de Bourbeau, nous avons effectué, à l'été 1986, une étude des 6 principaux indices connus dans la région de Cibougamau-Chapais (Dubé & Guha, 1987). Ce travail permettra également de comparer les différents indices entre eux et de déterminer leurs affinités avec les mines Cooke et Norbeau. Les indices étudiés sont : Chibougamau Copper, Bourbeau west-1, Bourbeau west-2, du ruisseau Leclerc, Tadd et Springer (figure 3). Nous présentons maintenant une étude sommaire de ces indices. Il s'agit principalement de l'analyse structurale de la déformation et d'une étude de l'altération hydrothermale réalisée à partir d'observations pétrographiques et de quelques analyses lithogéochimiques. Dans ce dernier cas, nous porterons une attention spéciale aux rapports  $K_2O/Na_2O$  et  $SiO_2/(CO_2+H_2O^+ + S)$  afin de pouvoir les comparer avec ceux obtenus aux mines Cooke et Norbeau.

## Description des indices aurifères

### INDICE CHIBOUGAMAU COPPER

#### Localisations géographique et géologique

L'indice Chibougamau Copper appartient à Minnova inc. (anciennement Explorations Falconbridge Copper). Il est localisé à environ 4 km au nord-est de la ville de Chapais (feuille SNRC 32 G/15) (figure 3, indice A) et à 1,4 km à l'est de la mine Cooke. Cet indice n'affleure pas; il a été découvert à l'aide de trous de sondage. Selon la carte de compilation de Minnova, cet indice se situe dans le filon-couche de Bourbeau, localisé au coeur d'un synclinal mineur d'orientation E-W. Ce pli est recoupé et déplacé de façon senestre par la faille Chibougamau Copper. Le filon-couche de Bourbeau est recoupé par de nombreux dykes porphyriques à phénocristaux de plagioclase et de pyroxène. De plus, selon Boisvert (1985), il existe dans ce secteur un dyke de leucogabbro qui recoupe le pli E-W et le filon-couche de Bourbeau. Toujours d'après cet auteur, ce dyke se distingue mégascopiquement du leucogabbro du filon-couche de Bourbeau par sa texture légèrement plus grossière et, chimiquement, par sa plus faible teneur en silice ( $\approx 48\%$  au lieu de  $52\%$ ). Il n'existe pratiquement pas d'affleurement dans ce secteur, la région formant une vaste zone marécageuse. Ainsi, notre description est basée sur l'étude des carottes de forage.

#### Minéralisation

La compagnie Minnova a effectué de nombreux trous de sondage dans ce secteur. Plusieurs zones minéralisées

intéressantes ont été intersectées. Parmi celles-ci, nous avons choisi d'étudier les forages énumérés dans le tableau 9 et représentés sur la figure 81.

TABLEAU 9 — Forages étudiés

N° de forage	Valeur en Au (g/t)	Largeur (m)
S-1012	14,2	1,5
S-1003	12,2	1,4
S-1001	8,8	0,8

Les roches hôtes de ces zones minéralisées sont le ferrogabbro à quartz (forages S-1003 et S-1001) et le leucogabbro (forage S-1012); elles sont semblables à celles que nous avons observées lors de notre étude de la mine Cooke (Dubé & Guha, 1986b).

#### Structure

Il est difficile de définir précisément le contexte structural associé aux zones aurifères de l'indice Chibougamau Copper étant donné l'absence d'affleurement. Toutefois, les sections minéralisées sont toutes localisées à l'intérieur de zones de cisaillement (figure 81) dont la largeur apparente peut atteindre 20 m. Il est également délicat de déterminer l'orientation de ces zones. Selon Boisvert (1985), les zones minéralisées recoupées pourraient être associées à des cisaillements d'orientation NW. Toutefois, nous croyons également possible, d'après les données de sondage et le contexte géologique local (charnière de plis E-W), que les zones de cisaillement soient, en tout ou en partie, orientées E-W. Il s'agirait donc peut-être de cisaillements E-W et NW-SE développés plus ou moins parallèlement au plan axial du pli local E-W. Ainsi, le contexte structural de ce secteur présenterait beaucoup d'affinité avec celui de la mine Cooke (Dubé & Guha, 1986a et 1986b).

#### Altération

L'altération hydrothermale associée aux zones aurifères de l'indice Chibougamau Copper se caractérise mégascopiquement par une forte carbonatation et une forte chloritisation, ainsi que par la présence de pyrite ( $\leq 5$  à  $10\%$ ). La carbonatation se traduit par des veinules de calcite orientées subparallèlement au cisaillement et par un remplacement massif de la roche par des carbonates. Les carbonates semblent être principalement de la calcite car la roche réagit très fortement à l'acide chlorhydrique à froid. La proportion de pyrite varie de 1 (S-1012) à 5 à  $10\%$  (S-1001) des constituants. La pyrite se présente en veinules ou est disséminée dans la roche. De part et d'autre de la zone minéralisée, l'encaissant gabbroïque est

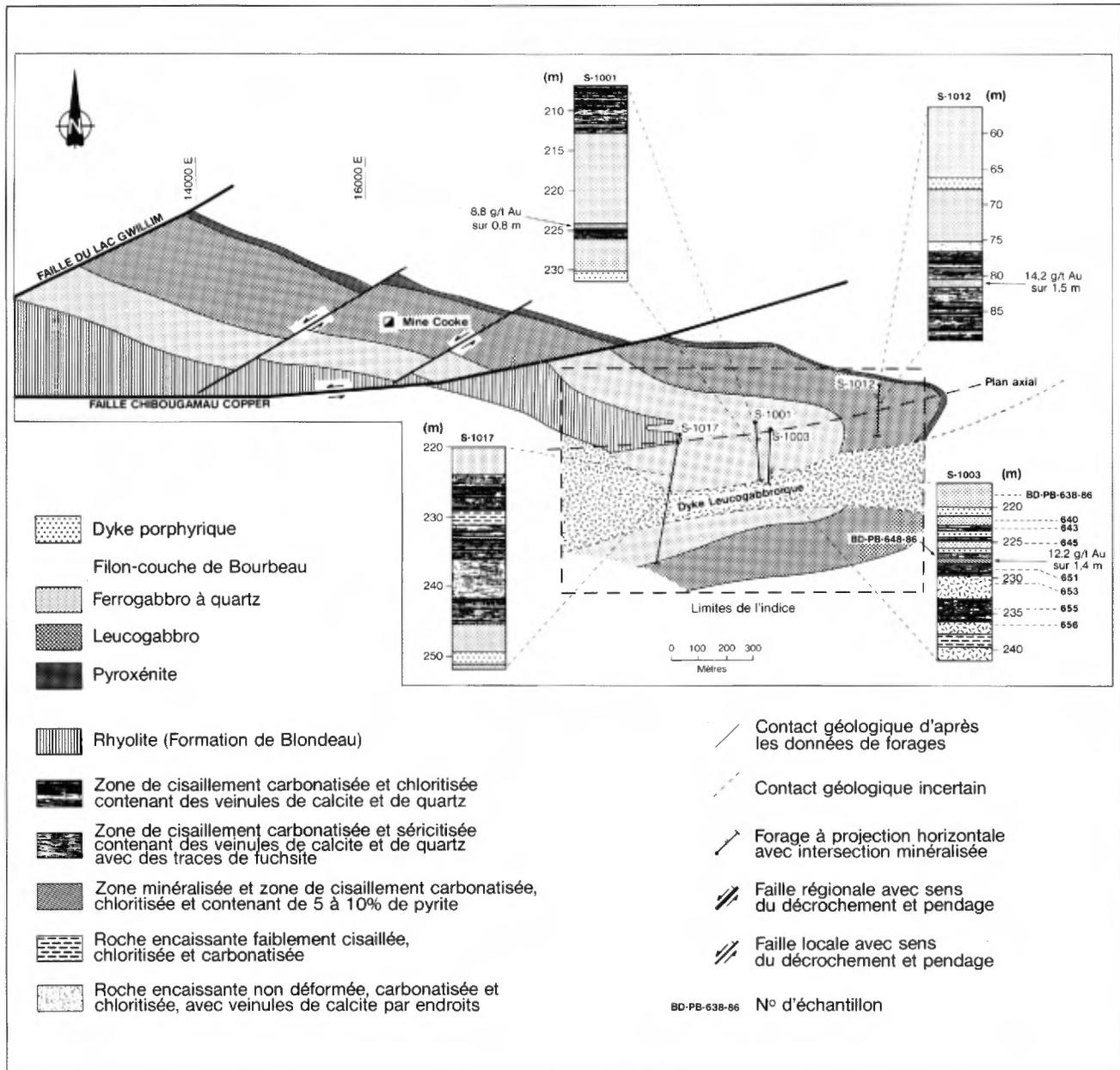


FIGURE 81 — Géologie simplifiée du secteur de l'indice Chibougamau Copper. Modifiée d'après une compilation de Minnova inc.

cisaillé, carbonaté et chlorité (S-1012 et S-1003), ou peu déformé, mais toujours carbonaté et chlorité (S-1001). De plus, la pyrite ne constitue alors qu'une très faible proportion des constituants (de traces à 1%).

Nous avons également observé, dans ce secteur, des zones à carbonates de fer, à séricite et à traces de fuchsite, notamment dans le forage S-1017 (figure 81). Ces zones sont semblables à celles que nous avons observées dans d'autres indices (Bourbeau west-1 et Tadd). Selon les analyses de Minnova, elles ne se sont pas révélées aurifères. Elles sont également situées à l'intérieur de zones de cisaillement chloritisées et carbonatisées (calcite).

Nous avons réalisé une étude pétrographique de 9 échantillons provenant du forage S-1003. Il est intéressant de souligner que la nature de la roche encaissante

associée à cette zone minéralisée varie. En effet, nos observations pétrographiques et l'analyse lithogéochimique des éléments traces (Y et Zr, tableau 10) suggèrent que, de 0 à 229 m, il s'agit d'un ferrogabbro à quartz du filon-couche de Bourbeau alors que, par la suite, c'est un leucogabbro peut-être associé au dyke de leucogabbro reconnu par Boisvert (1985). La zone aurifère demeure toutefois localisée dans le ferrogabbro à quartz mais se situe très près du contact entre les deux unités lithologiques. L'altération hydrothermale associée à la minéralisation du forage S-1003 est très peu développée. Elle est restreinte aux zones de cisaillement. La petite zone de cisaillement précédant la zone aurifère (BD-PB-643-86; 222,5 m) se caractérise par une forte chloritisation (35%) et une certaine carbonatation (12%). La zone de cisaillement

**TABEAU 10 — Sommaire des résultats des analyses pour les éléments majeurs et les éléments traces de l'indice Chibougamau Copper (forage S-1003)**

	BD-PB-638-86*	BD-PB-640-86	BD-PB-643-86	BD-PB-645-86	BD-PB-648-86	BD-PB-651-86	BD-PB-652-86	BD-PB-653-86	BD-PB-655-86	BD-PB-656-86
	Ferrogabbro** à quartz non altéré***	Ferrogabbro à quartz non altéré	Ferrogabbro à quartz chlorite et calcite	Ferrogabbro à quartz non altéré	Ferrogabbro à quartz carbonates, séricite et pyrite	Ferrogabbro à quartz chlorite et calcite	Dyke albitique	Leucogabbro chlorite et séricite	Leucogabbro carbonate, séricite et chlorite	Leucogabbro chlorite et séricite
Éléments majeurs (% du poids)										
SiO <sub>2</sub>	52,2	54,4	51,1	50,4	46,7	53,9	45,2	47,3	43,0	45,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,2	13,5	13,1	12,9	10,1	13,5	16,9	18,5	15,3	16,6
TiO <sub>2</sub>	1,98	2,11	2,06	1,95	1,58	1,97	1,12	0,78	0,82	0,97
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,5	10,4	12,7	11,5	14,2	12,6	11,7	10,9	10,2	11,3
FeO	6,4	5,7	7,9	5,9	6,9	7,4	8,7	6,4	7,9	6,8
MnO	0,26	0,23	0,27	0,26	0,23	0,25	0,21	0,17	0,15	0,14
MgO	3,91	4,06	4,14	4,14	3,64	4,05	5,12	6,17	7,20	7,75
CaO	8,95	7,92	7,45	12,6	9,26	6,23	5,36	7,76	9,45	7,77
Na <sub>2</sub> O	2,98	2,99	2,78	1,42	1,96	2,06	4,97	3,22	2,56	2,43
K <sub>2</sub> O	0,24	0,33	0,26	0,39	0,66	0,27	0,65	1,65	1,27	1,32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	0,23	0,26	0,24	0,21	0,22	0,39	0,15	0,28	0,47
P.F.****	1,70	2,47	4,27	2,47	5,70	3,47	5,70	3,54	10,1	5,47
Total	98,2	98,8	98,5	98,4	94,3	98,6	97,4	100,4	100,5	99,6
CO <sub>2</sub>	0,12	0,36	2,0	0,24	6,0	0,72	3,00	0,44	6,7	1,8
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,5	2,0	2,9	1,5	2,7	2,8	3,7	2,5	3,6	3,1
S	0,00	0,10	0,10	0,00	2,24	0,24	0,33	0,06	0,00	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)										
Cu	76	120	82	20	210	26	80	100	120	75
Zn	130	110	130	110	190	160	180	130	110	130
As	11	11	14	2	86	15	27	<2	7	3
Mo	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	4	<2	<4	12	2	<2	4	<2	4
Au (ppb)	<1	2	61	<1	330	2	18	7	2	5
Éléments traces (ppm)										
B	7,8	7,6	4,0	<0,5	5,2	0,8	6,0	13	9,6	13
Y	60	30	40	50	30	30	10	<10	10	10
Zr	140	120	130	110	110	120	110	20	40	<10
Rapport indicateur										
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0,08	0,11	0,09	0,27	0,34	0,13	0,13	0,51	0,50	0,54
SiO <sub>2</sub> /(CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> +S)	32,22	22,11	10,22	28,97	4,27	4,33	6,43	15,77	4,17	9,22

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Type d'altération

\*\*\*\* Perte au feu

contenant la minéralisation a été étudiée à l'aide de trois échantillons (BD-PB-648-86, BD-PB-649-86 et BD-PB-651-86). Il s'agit de mylonite et de protomylonite contenant jusqu'à 30% de séricite, de 3 à 20% de carbonates et de 10 à 15% de chlorite. Deux analyses à la microsonde électronique (annexe II, tableau F) indiquent que les carbonates correspondent à de la calcite. Les carbonates de fer semblent absents. La chlorite est de composition intermédiaire; son rapport  $Fe/(Fe+Mg)$  est en effet de 0,52 (annexe II, tableau G). On note également jusqu'à 12% de pyrite. La pyrite constitue la quasi-totalité des phases métalliques observées. Elle forme des cristaux hypidiomorphes de 0,4 à 0,5 mm ou des agrégats de cristaux allongés selon la foliation. La distribution des cristaux est contrôlée par la déformation. Toutefois, les cristaux sont peu déformés. La pyrite contient des inclusions de chalcopryrite (traces) et de sphalérite (traces) et est régulièrement accolée à des grains de leucoxène.

Le tableau 10 présente un sommaire des résultats des analyses lithogéochimiques que nous avons réalisées sur cet indice (pour des résultats détaillés, voir annexe III, tableau C-1). On constate d'abord que les proportions de Zr (ppm) indiquent très clairement un changement d'unité lithologique. En effet, de l'échantillon BD-PB-638-86 à BD-PB-652-86, la roche encaissante correspond à un ferrogabbro à quartz; les teneurs de Zr varient de 110 à 140 ppm. Par la suite, les proportions de Zr chutent brusquement autour de 20 à 40 ppm; il s'agit alors peut-être du dyke de leucogabbro reconnu par Boisvert (1975) (figure 81). Puisque notre étude lithogéochimique qualitative porte uniquement sur des roches ayant le même protolithe et ce, afin de comparer des échantillons qui possédaient à l'origine la même composition chimique, nous utiliserons uniquement les échantillons de composition ferrogabbroïque appartenant au filon-couche de Bourbeau (BD-PB-638-86 à BD-PB-652-86). Ainsi, comparée aux échantillons non altérés BD-PB-638-86, BD-PB-640-86 et BD-PB-645-86, la zone de carbonate, séricite et pyrite (BD-PB-648-86) a subi peu de modifications chimiques. On constate un certain enrichissement en  $K_2O$  et une faible diminution du  $Na_2O$ , ce qui se traduit par une faible augmentation du rapport  $K_2O/Na_2O$ . On note également un enrichissement marqué en  $CO_2$  (6,00%),  $H_2O$  (2,7%) et en S (2,24%). Conséquemment, le rapport  $SiO_2/(CO_2+H_2O+S)$  est faible. L'échantillon BD-PB-648-86 provient de la zone minéralisée intersectée par le forage S-1003. Toutefois, le résultat d'analyse que nous avons obtenu n'a révélé que 300 ppb d'or, alors que les résultats de Minnova révèlent 12,2 g/t Au sur une longueur de 1,4 m. Ces derniers résultats ont été vérifiés à deux reprises par la compagnie Minnova et les teneurs ont été confirmées. Malheureusement, cet échantillon n'ayant pu être retracé par la compagnie, nous n'avons pas été en mesure de caractériser l'altération hydrothermale qui lui est associée.

## INDICE BOURBEAU WEST-1

### Localisations géographique et géologique

L'indice Bourbeau west-1 appartient à Minnova inc. Il est localisé à environ 6 km à l'ouest de la ville de

Chapais (feuille 32 G/15) (figure 3, indice B). D'après la carte de compilation de Gobeil & Racicot (1983), il est situé sur le flanc nord du synclinal de Chapais. Selon la cartographie effectuée par Minnova, la stratigraphie de ce secteur est constituée de roches felsiques, localement graphiteuses, appartenant à la Formation de Blondeau et dans lesquelles s'est mis en place le filon-couche de Bourbeau. L'ensemble des lithologies est affecté par une schistosité E-W. Selon des levés géophysiques au sol effectués par Minnova en 1985 (Legault, communication personnelle), les unités stratigraphiques auraient également été recoupées par des failles NNE à mouvement senestre et parfois dextre, de quelques mètres à quelques dizaines de mètres.

### Minéralisation

La compagnie Minnova inc. a fait analyser de nombreux échantillons (53) provenant de l'indice Bourbeau west-1. Jusqu'à présent le meilleur résultat obtenu provient d'un échantillon composite qui a titré 5,2 g/t Au (figure 82). Un échantillonnage en cannelure a donné comme meilleures valeurs 491 ppb et 271 ppb Au sur 1 m. Toutefois, la plupart des échantillons sont anomaux en arsenic : les valeurs varient de 26 ppm à 1 578 ppm et la plupart sont de l'ordre de 200 à 1 000 ppm. Ces anomalies s'avèrent intéressantes car l'arsenic est reconnu pour être un excellent indicateur en exploration aurifère (Boyle, 1979). Finalement, un trou de sondage (BO-27), effectué afin de vérifier cet indice, n'a rapporté que 0,2 g/t Au sur 2,3 m. Toutefois, nous croyons que le contexte structural et les altérations hydrothermales qui caractérisent cet indice sont dignes d'intérêt. Nous y avons donc effectué une cartographie à l'échelle de 1 : 240.

Contrairement à ce que nous avons mentionné dans le rapport préliminaire MB 87-03, la roche hôte de cet indice est le leucogabbro du filon-couche de Bourbeau et non pas le ferrogabbro à quartz. En effet, portée sur les diagrammes AFM et de Jensen (1976), l'analyse chimique des échantillons MY-PB-30-86 et BD-PB-104a-86 (tableau 10) révèle que ceux-ci se situent dans le champ du leucogabbro. L'étude pétrographique (échantillon MY-PB-30-86) suggère que le leucogabbro possède une texture panadiomorphique. Il est composé d'environ 49% de cristaux idiomorphes de plagioclase fortement saussuritisé et de 40% de pyroxène (augite) fortement ouralitisé en hornblende verte. De plus, la partie centrale des pyroxènes est souvent constituée de chlorite. Finalement, on note la présence de 4% de quartz, de 6% de titanomagnétite primaire totalement remplacée par le leucoxène et de traces d'intercroissances granophyriques. Il est à noter que la proportion de quartz et de leucoxène est plus grande que la moyenne observée régionalement (voir au chapitre sur l'étude régionale la section sur la pétrographie).

### Structure

L'affleurement Bourbeau west-1 (figures 82 et 83) présente une zone de cisaillement très intense (schiste à papier), de 3,0 à 4,5 m de largeur, orientée E-W ( $270^\circ/67^\circ$ )

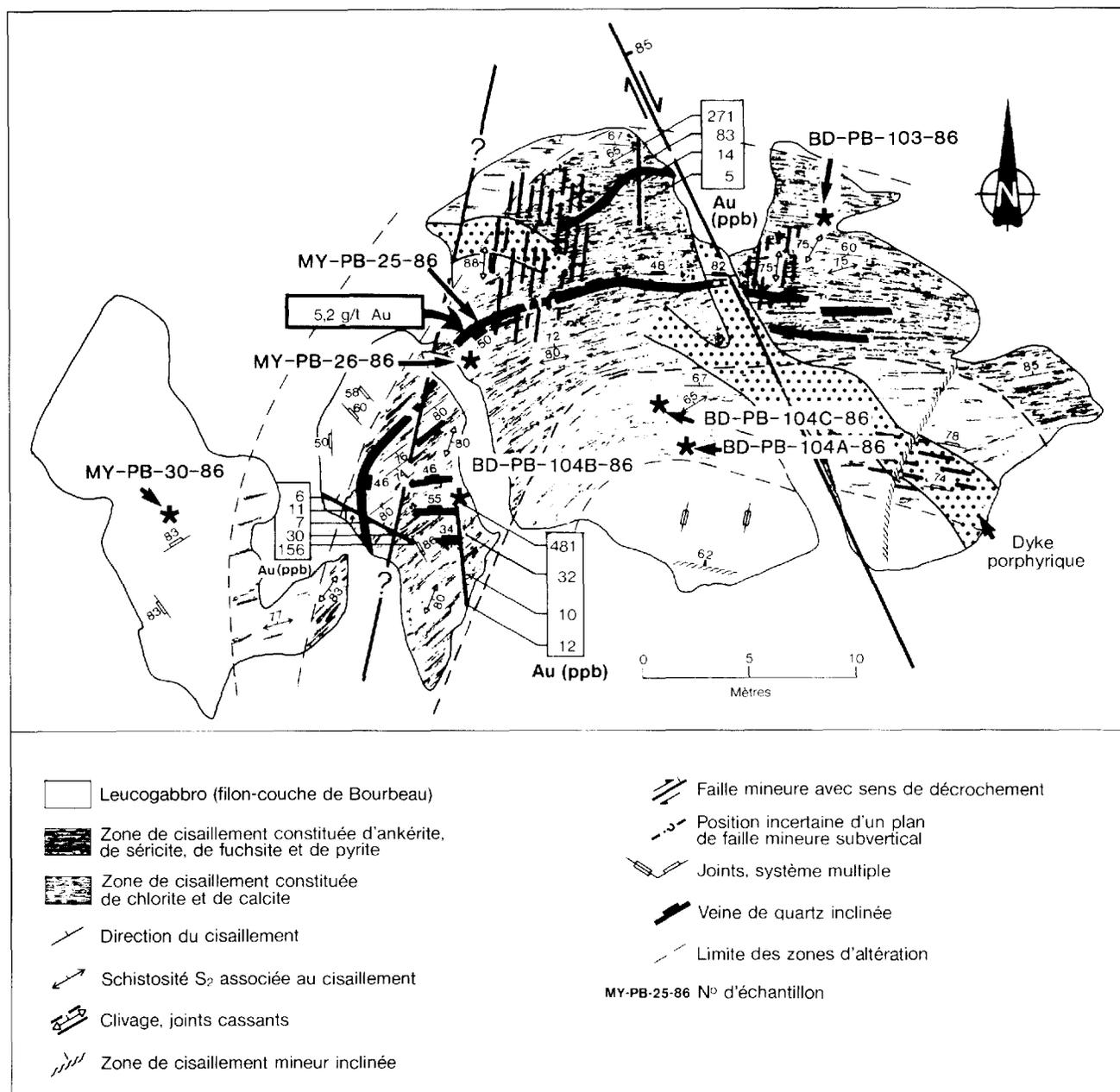


FIGURE 82 — Plan géologique de l'indice Bourbeau west-1. Modifiée d'après Legault (1985).

et à pendage vers le N. Les relations angulaires entre la schistosité et le cisaillement indiquent qu'il s'agit d'un cisaillement inverse dextre. À titre d'exemple, on constate que l'attitude du cisaillement est de  $275^\circ/60^\circ$ , alors que celle de la schistosité est de  $254^\circ/74^\circ$ . Cette zone de cisaillement a été ultérieurement affectée par une faille NW subverticale ayant engendré un déplacement dextre sur 0,3 à 0,6 m tel que suggéré par une veine de quartz (voir partie est de la figure 83). Il s'agit d'une faille cassante qui n'a pas développé de schistosité. De plus, dans le secteur ouest de l'affleurement, la zone de cisaillement et les veines de quartz semblent nettement entraînées dans un mouvement senestre vers le SW. En effet, leurs directions changent de E-W à NE-SW ( $056^\circ/50^\circ$ ). Cet entraî-

nement coïncide probablement avec le développement d'un clivage de fracture pénétratif d'une attitude de  $188^\circ/88^\circ$  (NNE). Cet entraînement de la zone de cisaillement dans un mouvement senestre permet d'expliquer pourquoi la direction du cisaillement et des veines de quartz change et également pourquoi le gabbro localisé à l'extrémité ouest de l'affleurement n'a pas subi les effets du cisaillement et de l'altération. Il est difficile de localiser un plan de faille comme tel malgré qu'il existe certains plans de cassures. Nous croyons plutôt que cet entraînement senestre a été provoqué par une zone de déformation plastique, peut-être associée à une faille localisée à l'ouest de l'affleurement et orientée NNE.



FIGURE 83 — Photographie montrant la zone de cisaillement E-W carbonatisée de l'indice Bourbeau west-1.

### Altération

Les zones d'altération hydrothermale associées à l'indice Bourbeau west-1 sont, aux points de vue spatial et génétique, reliées à la zone de cisaillement E-W. L'altération est dominée par une très forte carbonatation et une très forte séricitisation du gabbro (figure 82). Deux analyses à la microsonde électronique réalisées sur l'échantillon MY-PB-26-86 ont permis de confirmer la présence de calcite (annexe II, tableau F). Toutefois, l'observation mégascopique révèle la présence de carbonates de fer et (ou) magnésium. En effet, cette carbonatation a donné une couleur rouille à l'affleurement (figure 84). Les zones carbonatisées sont accolées aux veines de quartz et s'étendent sur environ 6 à 10 m de largeur. On observe également de la fuchsite ( $\leq 5\%$ ) (voir l'analyse à la microsonde à l'annexe II, tableau H), associée aux veines de quartz et de pyrite (1 à 2%) et disséminée dans l'encaissant altéré. La pyritisation est fréquente en bordure des veines de quartz. Elle s'étend sur 7 à 10 cm. L'étude pétrographique de cette zone de cisaillement constituée d'ankérite, de séricite, de fuchsite et de pyrite (échantillons BD-PB-104b-86 et MY-PB-26-86, figure 82) suggère que ces roches possèdent une schistosité bien développée et sont des blastomylonites (Sibson, 1977), c'est-à-dire des roches fortement broyées ayant subi une intense recristallisation dominée



FIGURE 84 — Photographie montrant l'intense carbonatation subie par les roches de l'indice Bourbeau west-1.

dans le cas présent par les carbonates (50%), la séricite (20 à 25%) et la chlorite (10 à 15%). Les plagioclases et les pyroxènes primaires sont pratiquement tous disparus. Ils sont remplacés par les carbonates et la chlorite. Les titanomagnétites primaires ont été fortement déformées et totalement remplacées par le leucoxène. Finalement, la pyrite forme des cristaux idiomorphes disséminés, parfois accolés aux leucoxènes.

En s'éloignant de la zone de cisaillement et des veines de quartz, l'altération est dominée par la chlorite et la calcite. La schistosité demeure bien développée et on observe du leucoxène. L'étude pétrographique (échantillons BD-PB-104A-86 et BD-PB-104C-86) suggère que ces zones de chlorite et de calcite sont constituées de mylonite (Sibson, 1977). La roche est formée de 20 à 32% de calcite, 25% de chlorite et 5 à 15% de séricite. Les plagioclases primaires ont en effet été intensément remplacés par la calcite et la séricite, alors que les pyroxènes sont totalement transformés en chlorite et en calcite. Finalement, les titanomagnétites sont déformées et totalement remplacées par le leucoxène.

Le tableau 11 présente un sommaire des résultats des analyses lithogéochimiques que nous avons réalisées sur cet indice (voir le tableau C-2 de l'annexe III pour les résultats détaillés). On constate que, comparativement à l'échantillon non altéré MY-PB-30-86 (figure 82), la zone de chlorite et de calcite montre peu de variation en ce qui a trait aux éléments majeurs, si ce n'est le lessivage du CaO et un apport de  $\text{CO}_2$  relativement faible. Le rapport  $\text{SiO}_2/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}^+ + \text{S})$  montre une diminution de 14,68 à 8,45 qui témoigne de l'apport de  $\text{CO}_2$  et de  $\text{H}_2\text{O}^+$  dans le système, alors que le rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ne montre pas de variation. La zone d'altération caractérisée par la présence de carbonates de fer et de séricite se traduit géochimiquement (échantillon BD-PB-104B-86) par une diminution marquée de la silice (32,8%) et de  $\text{Na}_2\text{O}$  ( $< 0,01\%$ ), ainsi que par un gain important de CaO, de  $\text{K}_2\text{O}$  (3,27%), de  $\text{CO}_2$  (13%), de S (0,77) et d'arsenic (2 000 ppm). Toutefois, le fait le plus intéressant à souligner concerne le rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  qui présente une augmentation spectaculaire : il passe de 0,30 dans l'échantillon MY-PB-30-86

TABLEAU 11 — Analyse sommaire des éléments majeurs et des éléments traces de l'indice Bourbeau west-1

	MY-PB-30-86* Leucogabbro** —	BD-PB-104A-86 Leucogabbro chlorite et calcite***	BD-PB-104B-86 Leucogabbro carbonates, séricite et pyrite	BD-PB-103-86 Veine de quartz —
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	48,00	50,70	32,80	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,60	15,80	15,60	-
TiO <sub>2</sub>	1,12	1,12	1,02	-
Fer total	11,60	11,00	10,30	-
FeO	7,70	7,90	6,50	-
MnO	0,20	0,15	0,17	-
MgO	7,52	6,83	6,31	-
CaO	9,79	6,32	13,40	-
Na <sub>2</sub> O	1,59	1,84	<0,01	-
K <sub>2</sub> O	0,47	0,59	3,27	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,14	0,12	-
Perte au feu	3,20	5,60	13,90	-
Total	99,40	100,10	97,00	-
CO <sub>2</sub>	0,11	1,90	13,00	-
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,10	4,10	1,30	-
S	0,06	0,00	0,77	1,09
Éléments traces métalliques (ppm)				
Cu	61	85	15	7,0
Zn	110	140	54	32
As	44	32	2000	6300
Mo	<5	<5	<5	<10
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	14	6	14	10
Au (ppb)	<20	<20	30	320
Éléments traces (ppm)				
B	<10	10	100	-
Y	<20	<20	20	-
Zr	50	60	60	-
Rapport indicateur				
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0,30	0,32	327	-
SiO <sub>2</sub> /(CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> +S)	14,68	8,45	2,18	-

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Type d'altération

à 327 dans l'échantillon BD-PB-104B-86, témoignant ainsi de la séricitisation observée pétrographiquement et du lessivage du Na<sub>2</sub>O noté géochimiquement. Le rapport SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>+S) montre une nette diminution de 14,68 (MY-PB-30-86) à 2,18 (BD-PB-104B-86). Finalement, l'échantillon BD-PB-103-86 provenant de la veine de quartz subverticale (figure 82) contient seulement 320 ppb d'or mais, par contre, les 6 300 ppm d'arsenic que l'analyse chimique révèle en font une cible intéressante.

## INDICE BOURBEAU WEST-2

### Localisations géographique et géologique

L'indice Bourbeau west-2 appartient à Minnova inc. Il est localisé à environ 6 km à l'ouest de la ville de Chapais (feuille 32 G/15) (figure 3, indice C) et à 548,6 m à l'est de l'indice Bourbeau west-1. Il se situe dans un environnement géologique identique à celui de l'indice Bourbeau west-1 (voir la section précédente sur l'indice Bourbeau west-1).

### Minéralisation

La compagnie Minnova inc. a fait analyser de nombreux échantillons provenant de l'indice Bourbeau west-2. Jusqu'à présent, le meilleur résultat obtenu en surface provient d'un échantillon en cannelure qui a titré 3,0 g/t Au (2 762 ppb) sur 0,9 m (figure 85). Un trou de sondage (BO-20), de direction N-S, effectué afin de vérifier en profondeur cet indice, a recoupé une zone aurifère titrant 7,2 g/t Au sur 0,9 m. Finalement, un autre trou d'orientation E-W (BO-21) a recoupé des zones à carbonate et fuchsite et une zone à quartz, fuchsite-séricite, carbonate et pyrite-arsénopyrite. Toutefois, les valeurs obtenues ne sont que de l'ordre de 0,4 g/t Au sur 0,8 m.

Tout comme pour l'indice Bourbeau west-1, la roche hôte correspond au leucogabbro du filon-couche de Bourbeau. Portée sur les diagrammes AFM et de Jensen (1976), l'analyse chimique des échantillons MY-PB-681-86 et BD-PB-691-86 (tableau 12) révèle que ceux-ci se situent dans le champ du leucogabbro. L'étude pétrographique (échantillon BD-PB-79-86) suggère que le leucogabbro possède une texture panadiomorphe. Il est formé d'environ 47% de cristaux idiomorphes de plagioclase, presque

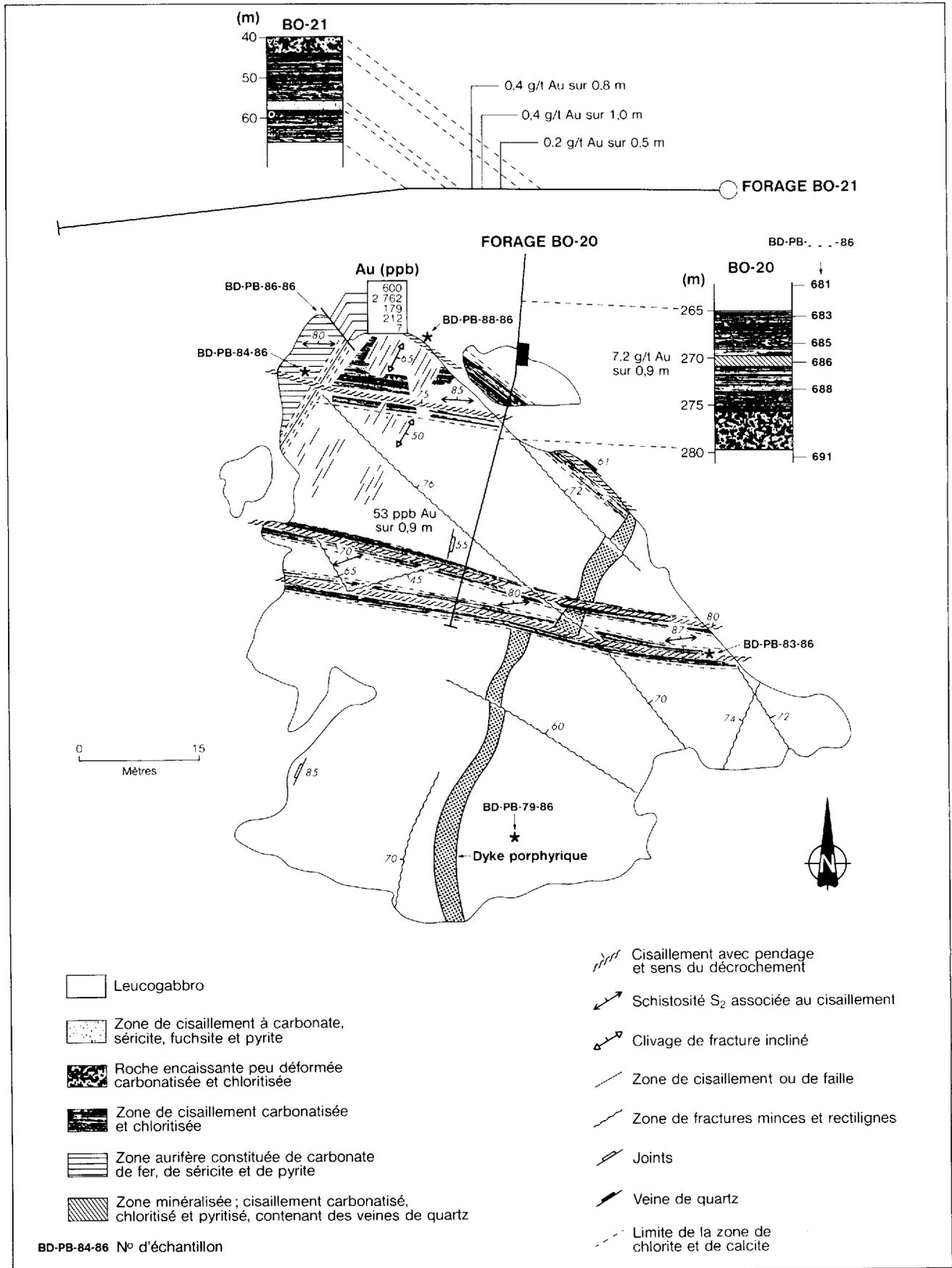


FIGURE 85 — Plan géologique de l'indice Bourbeau west-2. Modifiée d'après Legault (1985).

TABLEAU 12 — Analyse sommaire des éléments majeurs et des éléments traces de l'indice Bourbeau west-2

	BD-PB-681-86* Leucogabbro** non altéré***	BD-PB-683-86 Leucogabbro carbonate et chlorite	BD-PB-685-86 Leucogabbro carbonate et séricite	BD-PB-686-86 Zone minéralisée	BD-PB-688-86 Leucogabbro carbonate et séricite	BD-PB-691-86 Leucogabbro non altéré	BD-PB-86-86 Leucogabbro carbonate, séricite et pyrite	BD-PB-88-86 Leucogabbro carbonate, séricite et chlorite
Éléments majeurs (% du poids)								
SiO <sub>2</sub>	50,5	41,8	46,5	-	47,0	50,4	43,1	45,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,0	14,7	14,6	-	14,5	15,1	14,0	13,2
TiO <sub>2</sub>	1,05	1,09	1,04	-	1,22	1,30	1,63	1,32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,19	12,0	9,22	-	8,57	10,2	9,10	7,36
FeO	5,40	9,60	7,60	-	7,00	6,50	5,80	5,80
MnO	0,23	0,25	0,20	-	0,17	0,19	0,36	0,30
MgO	5,86	7,18	5,42	-	5,30	5,21	5,05	4,00
CaO	11,6	10,4	10,6	-	10,1	9,73	9,69	13,8
Na <sub>2</sub> O	2,39	0,57	<0,01	-	0,02	1,84	0,46	<0,01
K <sub>2</sub> O	0,13	1,12	2,07	-	2,27	0,10	2,07	2,09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,13	0,13	-	0,15	0,16	0,18	0,15
Perte au feu	3,7	11,3	9,9	-	10,8	6,1	14,3	13,0
Total	99,8	100,8	99,8	-	100,2	100,4	100,0	100,5
CO <sub>2</sub>	1,7	7,8	8,1	-	7,6	2,9	12	10
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,0	4,5	1,7	-	2,9	1,4	1,6	1,7
S	0,01	0,01	0,00	3,42	0,00	0,00	0,74	0,06
Éléments traces métalliques (ppm)								
Cu	31	4,5	36	<0,5	9,0	56	93	130
Zn	71	76	60	100	61	150	41	65
As	25	22	49	8100	80	3	1400	110
Mo	<5	<5	<5	10	<5	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	14	60	10	<2	8	6
Au (ppb)	<20	<20	<20	1300	30	<20	30	<20
Éléments traces (ppm)								
B	<10	10	30	-	30	<10	30	40
Y	20	20	20	-	40	40	20	30
Zr	60	60	60	-	80	70	100	10
Rapport indicateur								
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0,5	1,96	207	-	113,5	0,05	4,5	209
SiO <sub>2</sub> /(CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> +S)	18,63	3,40	4,74	-	4,48	11,72	3,01	3,84

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Type d'altération

totale saussuritisation, et de 40% de pyroxène d'abord totalement remplacé par la hornblende verte et ultérieurement partiellement remplacé par la calcite (9%) et la chlorite (6%). Finalement, on note de l'orthopyroxène (1%) totalement remplacé par la calcite et la chlorite, du quartz (5%), des intercroissances granophyriques (1%) et de la titanomagnétite totalement altérée en leucoxène (5%). Il est à noter que la proportion de quartz et de leucoxène est plus grande que la moyenne observée régionalement (voir au chapitre sur l'étude régionale la section sur la pétrographie).

### Structure

Au point de vue structural, nous avons observé des zones de cisaillement orientées E-W à NW-SE, à pendage vers le N, et à mouvement latéral dextre mineur (figure 85). La composante dextre est suggérée par les relations angulaires entre le cisaillement et la schistosité (C-S) et par le déplacement des dykes porphyriques. On note également des fractures cassantes, fines (de 1 à 2 cm) et rectilignes, orientées NW-SE, qui traversent pratiquement tout l'affleurement. Finalement, on observe des structures orientées NNE (030°/65°) correspondant à un clivage de fracture, à des joints et à une zone de cisaillement bien développée (figure 85). La relation chronologique entre les cisaillements E-W et NW-SE et les structures NW-SE est difficile à établir, car, par endroits, les joints butent réellement sur les cisaillements E-W, alors qu'à d'autres endroits, ils recoupent nettement le cisaillement sans toutefois engendrer de déplacement réel. Quant à la zone de cisaillement NE-SW située à la limite nord-ouest de l'affleurement, elle semble limiter vers l'est la zone à carbonate de fer, mais elle ne déplace pas le cisaillement E-W localisé au sud. Il existe donc une certaine confusion dans la chronologie des éléments structuraux: ils sont contemporains ou les structures NNE sont postérieures aux cisaillements E-W et NW-SE. Par analogie, avec les éléments structuraux que nous avons observés sur l'affleurement Bourbeau west-1, nous favorisons cette dernière hypothèse.

### Altération

En affleurement, on observe que, dans l'ensemble, les altérations dominantes sont la chloritisation, la carbonatation (calcite) et une faible pyritisation. Localement, on observe de 5 à 10% de pyrite. L'étude pétrographique sommaire (BD-PB-83-86 et BD-PB-88-86) de ces zones de chlorite et calcite suggère que les roches possèdent des textures mylonitique et blastomylonitique (Sibson, 1977). Elles sont constituées de proportions variables de calcite (respectivement 27 et 52%), de chlorite (12 et 45%) et de séricite (15 et 0%). Les plagioclases et pyroxènes sont presque totalement disparus. Seuls, le quartz et les intercroissances granophyriques sont conservés. Finalement, les titanomagnétites sont déformées et totalement remplacées par le leucoxène.

La limite nord-ouest de l'affleurement se caractérise par une zone à carbonate de fer, à séricite et à py-

rite ( $\leq 12\%$ ). L'analyse à la microsonde électronique révèle que les carbonates correspondent à de l'ankérite (tableau F, annexe II). Cette zone à carbonate est recoupée par des veinules de quartz  $\pm$  pyrite de 1 à 2 cm de largeur, d'une attitude de 036°/50°. Les meilleures valeurs aurifères obtenues en surface par Minnova en proviennent (figure 85). L'examen pétrographique des échantillons BD-PB-84-86 et BD-PB-86-86, provenant de la zone à carbonate de fer, révèle qu'il s'agit de protomylonite et de blastomylonite (Sibson, 1977) contenant une grande abondance de carbonates (32 à 56%) et de séricite (15 à 30%), et une proportion variable de chlorite (3 à 20%) de composition intermédiaire ( $Fe/[Fe+Mg] = 0,53$ ) (tableau G, annexe II). Les plagioclases et les pyroxènes primaires sont disparus. On note également des reliques de quartz (7%), d'intercroissances granophyriques (1%) et de titanomagnétite totalement remplacée par le leucoxène. Finalement, des cristaux idiomorphes de pyrite-arsénopyrite (5%) sont disséminés dans l'échantillon BD-PB-86-86 et nous avons observé une plage d'or natif en inclusion à l'intérieur d'un cristal de pyrite.

Le sondage BO-21 effectué par Minnova à une quinzaine de mètres au nord de cet affleurement a recoupé des zones de gabbro fortement carbonatisées et séricitiques ( $\pm$  fuchsite) sur environ 18 m contenant localement jusqu'à 10% de pyrite et des traces d'arsénopyrite. Toutefois, selon les analyses de Minnova, ces zones ne contiennent aucune minéralisation aurifère économique. Finalement, le forage BO-20 (7,3 g/t Au sur 0,9 m) a recoupé une zone de cisaillement fortement carbonatisée et chloritisée, contenant des veinules de calcite et (ou) de quartz et des traces de pyrite sur près de 15 m (figure 85). La minéralisation est localisée à l'intérieur d'une zone carbonatisée injectée de veines de quartz contenant de la pyrite. L'étude pétrographique de 5 échantillons provenant de cet indice révèle que la zone de cisaillement contenant la minéralisation (échantillons BD-PB-683-86, BD-PB-685-86 et BD-PB-688-86) est formée de mylonite qui se compose de 35 à 45% de calcite (voir les analyses à la microsonde au tableau F de l'annexe II), de 10 à 20% de séricite et de 12 à 20% de chlorite. La zone minéralisée, quant à elle (BD-PB-686-86), correspond également à une mylonite et se compose de 63% de calcite (voir les analyses à la microsonde au tableau F de l'annexe II), 8% de séricite, 12% de chlorite et 8% de pyrite (figure 86). À l'intérieur de la zone minéralisée, nous avons observé 2 plages d'or natif (dimension de 0,01 mm) en inclusion dans la pyrite.

Le tableau 12 présente les résultats partiels (voir le tableau C-3 de l'annexe III pour les résultats détaillés) des analyses lithogéochimiques réalisées à partir des échantillons du forage BO-20. Les échantillons BD-PB-681-86 et BD-PB-691-86 sont peu déformés et peu altérés; ils peuvent donc servir d'échantillons de référence. Ainsi, si on la compare à ces deux échantillons, on constate de façon qualitative que la zone de cisaillement a subi un lessivage très marqué du  $Na_2O$  ( $\leq 0,57\%$ ) et, à l'inverse, un enrichissement notable en  $K_2O$  ( $\geq 1,12\%$ ), en  $CO_2$  ( $\geq 7,6\%$ ) et en  $H_2O$  ( $\geq 1,7\%$ ). De plus, il est très inté-

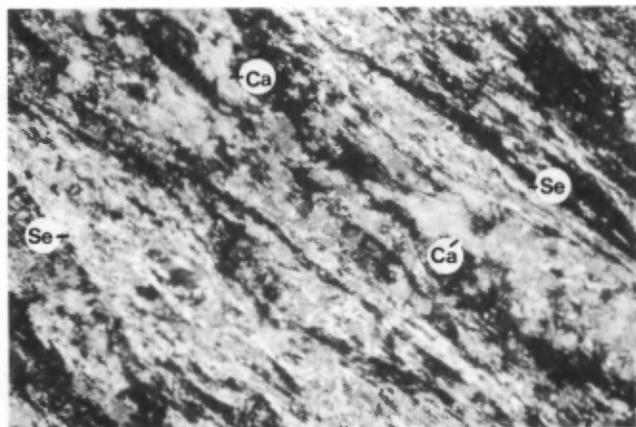


FIGURE 86 — Photomicrographie montrant l'abondance de séricite (Se) et de carbonate (Ca) observée dans l'échantillon BD-PB-656-86 de l'indice Bourbeau west-2 (lumière transmise et nicols croisés). Largeur de la photo : 0,65 mm.

ressant de constater que le rapport  $K_2O/Na_2O$  est élevé, en particulier pour les échantillons BD-PB-685-86 et BD-PB-688-86 où il atteint respectivement 207 et 113,5. Le rapport  $SiO_2/(CO_2+H_2O^++S)$  montre une diminution significative à l'intérieur de la zone de cisaillement. Finalement, l'analyse de l'échantillon BD-PB-686-86 provenant de la zone minéralisée révèle un contenu élevé en arsenic (8 100 ppm), en or (1 300 ppb) et en soufre (3,42%). La valeur en or relativement faible que nous avons obtenue est probablement due à l'effet de pépite.

## INDICE DU RUISSEAU LECLERC

### Localisations géographique et géologique

L'indice du ruisseau Leclerc appartient à la compagnie Nortghate Exploration. Il est situé à environ 40 km au nord-ouest (feuille 32 G/15) de la ville de Chibougamau (figure 3, indice D). Selon la carte de compilation géoscientifique de Gobeil (1983), il serait situé à l'intérieur d'un anticlinal NNE peut-être repris par une phase de déformation E-W. Ce pli NNE aurait une faible extension et serait limité vers l'est par une faille d'orientation NE séparant un pli N-S d'un pli E-W d'envergure régionale observé à l'est (Gobeil & Racicot, 1983). La géologie structurale de ce secteur semble complexe et aucun travail de détail n'a été effectué à ce jour. La roche hôte de cet indice est la ferrodiorite à quartz du filon-couche de Bourbeau.

### Minéralisation

Jusqu'à présent, les résultats obtenus par Nortghate Explorations sur cet indice se sont avérés décevants. Les échantillons composites recueillis en surface n'ont jamais titré plus de 1,1 g/t Au. De plus, un trou de sondage (Cu 2 84-3) effectué afin de vérifier en profondeur la zone de Bourbeau altérée et observée en surface, a recoupé de nombreuses zones carbonatisées et séricitisées, mais les valeurs varient de traces à 0,7 g/t Au (Gagnon, 1985).

Nous croyons toutefois que les types d'altération et de structure associés à cet indice sont dignes d'intérêt.

### Structure

L'indice du ruisseau Leclerc se caractérise par une zone de cisaillement E-W dans laquelle se sont mises en place des veines de quartz subverticales et subhorizontales (figure 87). Les veines subhorizontales sont disposées en échelons. Elles ont de 1 à 4 cm de largeur et sont espacées de 0,3 à 3,0 m. On observe également des fractures mineures orientées NW-SE. Ultérieurement, ces structures ont été recoupées par un clivage de fracture et(ou) des joints d'orientation NE-SW ( $045^\circ/65^\circ$ ). Ce clivage recoupe également les structures E-W mais n'a pas provoqué de déplacement de celles-ci. Ces structures NE-SW sont probablement associées à la faille NE-SW tardive, reconnue dans le secteur (Gobeil & Racicot, 1983).

### Altération

L'altération hydrothermale associée à l'indice du ruisseau Leclerc est particulièrement bien développée. Une grande partie de l'affleurement possède une patine rouille résultant de la forte carbonatation (carbonate de fer ou de magnésium) et de la forte séricitisation subies par la roche encaissante (figure 87). À proximité des veines de quartz, on observe également une abondance ( $\leq 20\%$ ) de pyrite fine et idiomorphe. Le reste de l'affleurement est constitué d'une ferrodiorite à quartz chloritisée et carbonatisée (calcite). Ces altérations sont spatialement et génétiquement associées aux zones de cisaillement et aux veines de quartz. Là où les veines de quartz sont absentes, la déformation est moindre et la roche est plutôt chloritisée. Le passage des zones à carbonate de fer aux zones à chlorite semble plutôt brusque.

L'examen pétrographique des échantillons BD-PB-05-86 et BD-PB-06-86 provenant de la zone à carbonate de fer révèle que ces roches sont relativement peu déformées et qu'elles possèdent des textures de protomylonite et de protocataclasite (Sibson, 1977). Elles sont principalement constituées de carbonate (35%) et de séricite (15 à 20%) observés en remplacement des plagioclases ou sous la forme de veinules en remplissage de fractures. L'analyse à la microsonde de trois grains de carbonate provenant de l'échantillon BD-PB-06-86 révèle qu'il s'agit d'ankérite (annexe II, tableau F). On observe également du quartz (3 à 8%), des intercroissances granophyriques (1%), du leucoxène (5%), de la chlorite (1%) et des cristaux idiomorphes de pyrite-arsénopyrite régulièrement accolés à des grains de leucoxène. La pétrographie de l'échantillon BD-PB-09-86 suggère que la zone de ferrodiorite à chlorite et calcite est constituée par des roches peu déformées, mais ayant subi une forte altération. La roche est formée de calcite (35%), chlorite (20%) et séricite (7%) issues de l'altération des plagioclases et(ou) des pyroxènes primaires. On constate également du quartz (9%), des intercroissances granophyriques (2%) et de la titanomagnétite (7%) presque totalement remplacée par le leucoxène.

Le tableau 13 présente un sommaire des résultats des analyses lithogéochimiques réalisées sur cet indice (voir

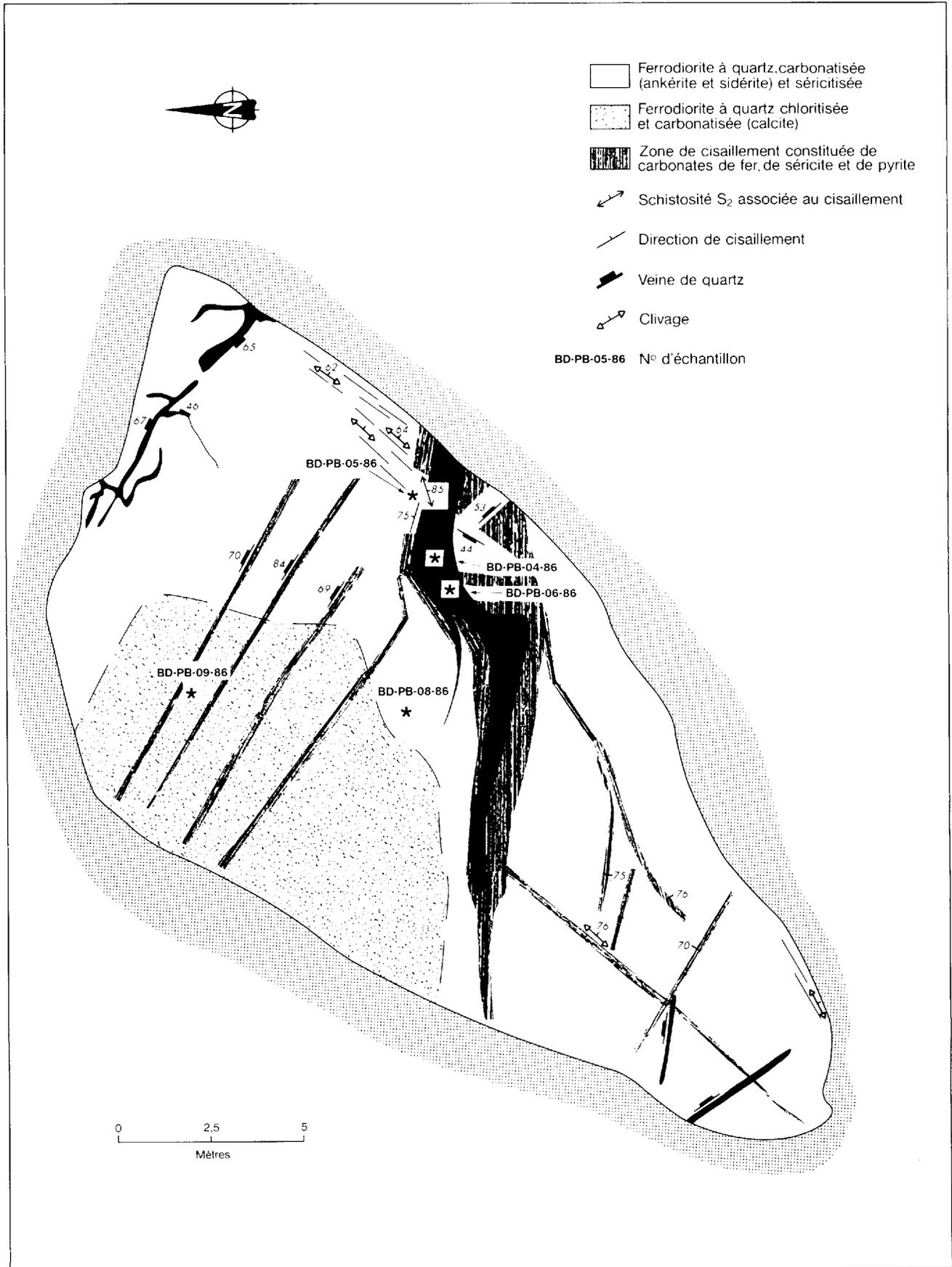


FIGURE 87 — Plan géologique de l'indice du ruisseau Leclerc.

TABLEAU 13 — Analyse sommaire des éléments majeurs et des éléments traces de l'indice du ruisseau Leclerc

	BD-PB-05-86* Ferrodiorite** à quartz carbonate,*** séricite et pyrite	BD-PB-06-86 Veine et encaissant carbonate, séricite et pyrite	BD-PB-08-86 Ferrodiorite à quartz carbonate, séricite et chlorite	BD-PB-09-86 Ferrodiorite à quartz calcite et chlorite
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	31,5	-	51,3	50,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,8	-	13,3	12,8
TiO <sub>2</sub>	1,29	-	1,90	1,79
Fer total	14,6	-	12,5	14,5
FeO	7,80	-	9,80	11,2
MnO	0,19	-	0,17	0,16
MgO	5,63	-	3,41	4,20
CaO	7,68	-	6,39	5,96
Na <sub>2</sub> O	1,92	-	2,68	2,14
K <sub>2</sub> O	3,28	-	0,51	0,33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	-	0,24	0,23
Perte au feu	12,1	-	6,1	6,4
Total	95,1	-	98,5	98,9
CO <sub>2</sub>	12,0	-	4,7	4,3
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,1	-	3,4	3,9
S	2,24	1,25	0,39	0,30
Éléments traces métalliques (ppm)				
Cu	42	20	210	87
Zn	86	40	88	95
As	650	370	21	38
Mo	6	<10	<5	5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	24	20	12	14
Au (ppb)	60	67	20	<20
Éléments traces (ppm)				
B	20	10	<10	<10
Y	<20	-	40	30
Zr	90	-	150	130
Rapport indicateur				
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1,71	-	0,19	0,15
SiO <sub>2</sub> /(CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> +S)	1,93	-	6,04	5,93

\* N° d'échantillon    \*\* Type de roche    \*\*\* Type d'altération

le tableau C-4 de l'annexe III pour les résultats détaillés. On constate que la zone à carbonate de fer (BD-PB-05-86) se caractérise par un fort pourcentage de CO<sub>2</sub> (12%), d'arsenic (650 ppm), de K<sub>2</sub>O (3,28%) et de S (2,24%). Le rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O est relativement élevé (1,71) alors que le rapport SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>+S) est faible (1,93). La zone à chlorite et calcite (BD-PB-09-86) montre peu de variation si ce n'est l'apport de CO<sub>2</sub> (4,3%) et de H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> (3,9%). Le rapport K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O est faible (0,15), alors que le rapport SiO<sub>2</sub>/(CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>+S) est relativement élevé et se chiffre à 5,93.

## INDICE TADD

### Localisations géographique et géologique

L'indice Tadd appartient à la compagnie Explorations Noranda. Il est situé à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de la ville de Chibougamau (feuille S.N.R.C. 32 G/16) (figure 3, indice E). Selon la carte de compilation de Gobeil & Racicot (1983), il est localisé sur le flanc nord d'un pli anticlinal E-W. En terme stratigraphique, la

roche encaissante est la ferrodiorite à quartz du filon-couche de Bourbeau (Dubé, 1985).

### Minéralisation

L'indice Tadd a été découvert par Explorations Noranda en 1981 (Thiboutot *et al.*, 1981). Il s'agit d'une zone de ferrodiorite ankérisée, séricitisée et pyritisée, localisée dans le filon-couche de Bourbeau et à laquelle s'associent plusieurs zones fortement altérées et déformées (Dubé, 1985; Dubé *et al.* 1987). Depuis 1981, la compagnie Noranda a effectué de nombreux travaux de décapage, de cartographie, d'échantillonnage et de sondage. Jusqu'à présent, les meilleurs résultats obtenus ont été, en surface, de 7,6 g/t Au et, par forage, de 5,5 g/t Au sur 0,9 m (figure 88). Un peu plus vers l'ouest (110 m), la compagnie a également recoupé par forage (BG 84-8) une zone semblable à Tadd, laquelle a titré 1,9 g/t Au sur 1,7 m (Archer, 1986, communication personnelle).

### Structure

Dans le secteur de l'indice Tadd, on note des zones de cisaillement d'orientation E-W et à pendage vers le S

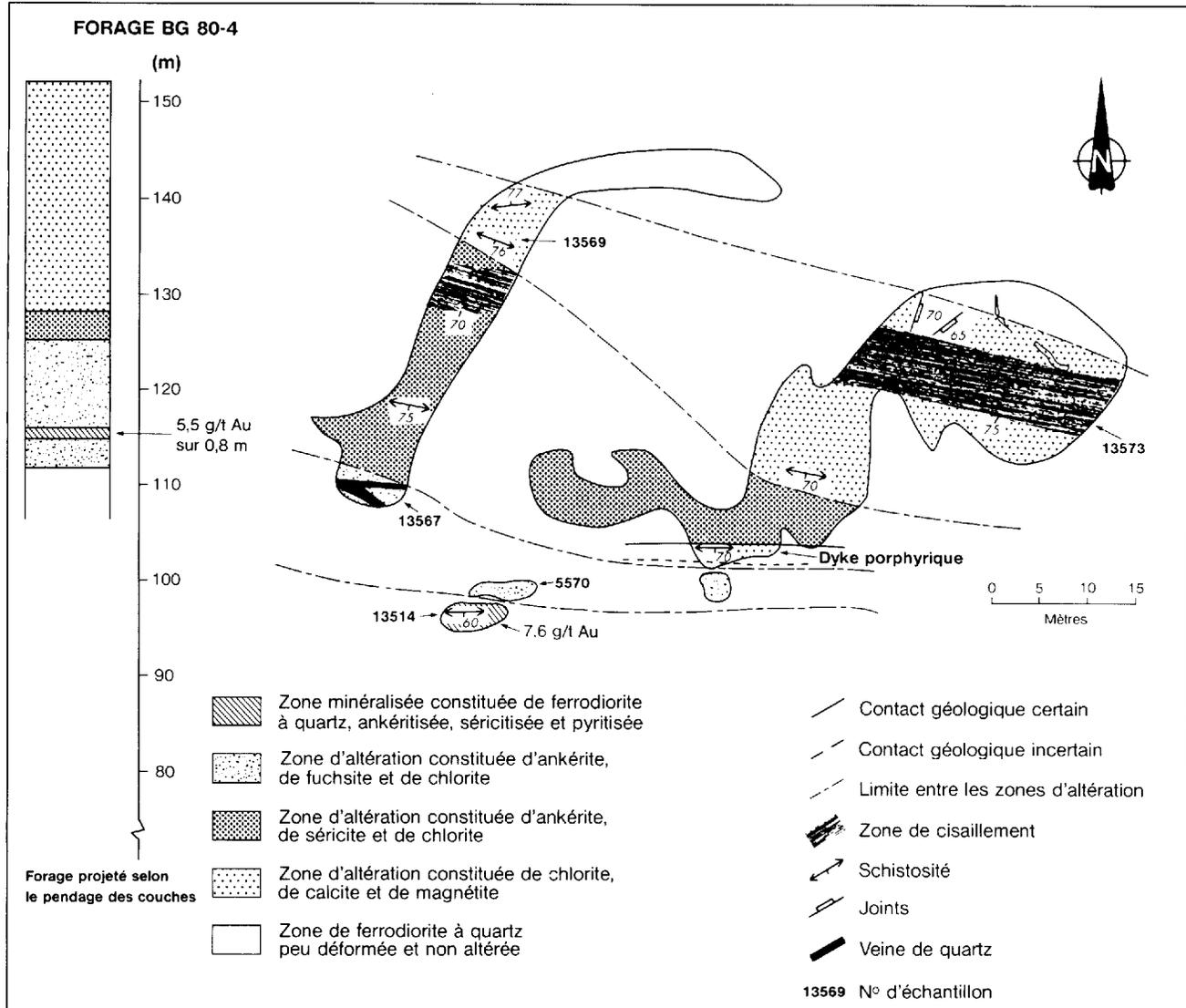


FIGURE 88 — Plan géologique de l'indice Tadd.

(figure 88). Ces zones de cisaillement s'étendent sur une longueur d'au moins 5 km et une largeur qui varie de 1 à 50 m (Dubé, 1985). Les roches affectées par ce cisaillement sont très déformées, mylonitisées et la foliation est très bien développée (figure 89). À l'intérieur de ces zones de cisaillement, la schistosité et les plans de cisaillement sont subparallèles et ne permettent donc pas de déterminer les caractéristiques structurales (inverses ou normales et senestres ou dextres) de ces zones de cisaillement. Toutefois, d'après les linéations minéralogiques observées, le mouvement associé à ces cisaillements est principalement vertical avec peut-être une faible composante latérale dextre (linéation à  $134^{\circ}/56^{\circ}$  sur plan à  $095^{\circ}/68^{\circ}$ ). Ces zones de cisaillement E-W contrôlent les altérations hydrothermales et la minéralisation observées dans le secteur de Tadd (figure 89). Il est possible que ces zones de cisaillement représentent la continuité vers l'ouest de la faille de Faribeault (Daigneault & Allard, 1984) observée à l'est du secteur étudié.

Superposé à la déformation E-W, se trouve localement un clivage de fracture ou des joints orientés NE-SW et NNE. Finalement, à partir de données géophysiques et des trous de sondage, Archer (1986) (communication personnelle) interprète la présence locale de failles NNE ( $030^{\circ}/60^{\circ}$ ). L'influence de ces structures tardives sur les cisaillements E-W reste toutefois à définir.

### Altération

Dans le secteur de l'indice Tadd, les zones de cisaillement qui recoupent le filon-couche de Bourbeau se caractérisent par de fortes altérations hydrothermales qui ont entraîné la cristallisation de carbonates (ankérite et calcite), de séricite, de chlorite, de fuchsite, de pyrite et d'or (Dubé, 1985). Ces altérations sont distribuées selon une certaine régularité. La figure 88 présente la distribution spatiale de ces zones d'altération observées en surface et dans le forage BG 80-4. Le lecteur doit prendre note que l'ensemble de la zone altérée a été affecté par la



FIGURE 89 — Zone de cisaillement E-W carbonatisée associée à l'indice Tadd.

zone de cisaillement E-W. Toutefois, la recristallisation associée à l'intense carbonatation subie par les roches masque la fabrique tectonique (Dubé, 1985), expliquant ainsi l'aspect relativement massif des roches ankéritisées. La zone minéralisée se caractérise par la présence d'ankérite, de séricite et de pyrite (figure 90). Accolée à la zone aurifère, se trouve une zone caractérisée par de la fuchsite, de l'ankérite avec plus ou moins de chlorite, suivie d'une zone à ankérite, à séricite et à chlorite. En s'éloignant encore plus de la zone minéralisée, on note de la chlorite, de la calcite et de la magnétite. Ce dernier faciès à chlorite-calcite et magnétite passe graduellement au faciès schiste vert régional caractérisé par l'ouralitisations des pyroxènes et la saussuritisations des plagioclases. Selon l'étude minéragraphique de Dubé (1986), l'or est observé en inclusion dans la pyrite ou dans la chalcoppyrite qui cimentent des grains de pyrite cataclasés.

Nous n'avons pas réalisé d'analyse lithogéochimique de cet indice. Nous avons jugé préférable d'utiliser les analyses chimiques réalisées dans le cadre du mémoire de maîtrise de Dubé (1985). Le tableau 14 présente les résultats obtenus d'une section d'analyse. On constate, qualitativement, une augmentation de la proportion de  $K_2O$  en approchant de la zone minéralisée. Cette augmentation est particulièrement forte pour les échantillons n° 5570 et n° 13567 provenant de la zone à ankérite et fuchsite. Une étude qualitative réalisée par Archer (1986) suggère que la proportion de  $K_2O$  à l'indice Tadd augmente graduellement à mesure que l'on approche de la zone minéralisée et qu'elle atteint son maximum dans la zone minéralisée même. Le rapport  $K_2O/Na_2O$  est très élevé pour l'échantillon n° 5570 de la zone d'ankérite et de fuchsite. Cette augmentation est due à l'addition de  $K_2O$  combinée au lessivage du  $Na_2O$ . La perte au feu est particulièrement élevée, atteignant 16%. Nous ne disposons pas d'analyse détaillée de la perte au feu ( $CO_2/H_2O/S$ ). Toutefois, exception faite de l'échantillon n° 13514 (zone minéralisée), le  $CO_2$  semble un constituant important des échantillons présentés au tableau 14, ce qui explique l'intense carbonatation subie par les roches. Dans la zone minéralisée (n° 13514), on constate un apport im-



FIGURE 90 — Exemple typique de la zone minéralisée de l'indice Tadd.

portant de soufre (8,74%). En approchant de la zone minéralisée, le rapport  $SiO_2$ /(perte au feu) décroît. Il est particulièrement faible pour l'échantillon n° 5570.

Le tableau 15 présente les résultats du soufre, du  $CO_2$  et de certains éléments traces métalliques provenant d'une section du forage BG 80-4 (Dubé, 1985). On constate que la zone aurifère se caractérise principalement par un enrichissement en soufre (9,29%) et en arsenic (270 ppm). L'arsenic est également enrichi dans la zone précédant la zone minéralisée (de 107,3 à 111,6 m). Le  $CO_2$  est extrêmement élevé. Il représente jusqu'à 26,16% des constituants.

## INDICE SPRINGER

### Localisations géographique et géologique

L'indice Springer, appartenant à la compagnie Minnova (anciennement Explorations Falconbridge Copper), est localisé à environ 2,5 km au nord de la ville de Chapais (feuille S.N.R.C. 32 G/15) (figure 3, indice F). Selon la carte de Lavoie (1972) (figure 8), il se situe sur le flanc est, près de la charnière, d'un pli synclinal antiforme d'orientation NE. La roche hôte est le ferrogabbro à quartz du filon-couche de Bourbeau. L'étude pétrographique des échantillons BD-PB-276-86 et BD-PB-277-86 (figure 91) révèle que la roche possède une texture panadiomorphe. Elle est formée de 45 à 50% de pyroxènes totalement ouralitisés en hornblende verte et d'environ 40% de cristaux de plagioclase fortement saussuritisés. On note également la présence de 5% de quartz et de traces d'intercroissances granophyriques. Finalement, on observe la présence d'environ 7% de titanomagnétite. Ces titanomagnétites ne sont pas altérées pour l'échantillon BD-PB-277-86 et, à l'inverse, sont totalement remplacées par le leucoxène pour l'échantillon BD-PB-276-86.

### Minéralisation

Jusqu'à présent, la compagnie Minnova a effectué peu de travaux sur cet indice. L'affleurement a été décapé et localement échantillonné. Deux des cinq échantillons composites recueillis ont titré 7,9 g/t et 3,8 g/t Au. Ils

TABLEAU 14 — Analyse lithogéochimique sommaire d'une section réalisée à l'indice Tadd. Tiré de Dubé (1985)

	13514* Zone** minéralisée —	5570 Ankérîte et fuchsite 1,8 m***	13567 Ankérîte et fuchsite 10,7 m	13573 Chlorite et calcite 21,3 m	13569 Chlorite et calcite 38,1 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	56,00	38,5	46,60	58,00	60,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,40	7,23	18,00	11,90	12,50
TiO <sub>2</sub>	0,93	0,42	0,95	1,44	1,27
Fer total	13,20	10,70	10,70	13,20	10,00
MnO	0,12	0,27	0,12	0,14	0,09
MgO	0,87	9,15	5,14	1,25	1,52
CaO	2,99	15,00	2,51	4,03	2,69
Na <sub>2</sub> O	4,90	0,30	5,86	3,37	5,09
K <sub>2</sub> O	0,80	1,30	1,29	0,34	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,40	0,19	0,75	0,73	0,54
Perte au feu	8,30	16	8,05	4,65	5,10
Total	99,51	99,06	99,22	98,32	99,21
CO <sub>2</sub>	3,21	-	3,57	0,94	4,27
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	-	-	0,25	0,11	0,13
S	8,74	0,05	0,08	0,05	0,05
Éléments traces métalliques					
As (ppm)	225	-	61	6	4
Au (ppb)	7800	<5	<5	-	-
Rapport indicateur					
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	0,16	4,33	0,22	0,10	0,09
SiO <sub>2</sub> /perte au feu	6,75	2,41	5,79	12,47	11,86

\* N° d'échantillon    \*\* Type d'altération    \*\*\* Distance de la zone minéralisée

TABLEAU 15 — Analyse lithogéochimique sommaire d'échantillons provenant du forage BG 80-4 de l'indice Tadd. Tiré de Dubé (1985)

N° d'échantillon	Profondeur (m)	Au (ppb)	As (ppm)	Ag (ppm)	S (% du poids)	CO <sub>2</sub> (% du poids)
BG 80-4	98,1	<5	43	0,3	<0,01	15,87
BG 80-4	107,3	<5	415	0,2	0,09	18,32
BG 80-4	111,6	<5	420	0,4	<0,01	26,16
BG 80-4	114,0	<5	80	0,4	<0,01	16,05
BG 80-4	114,8	4100	270	0,5	9,29	3,50
BG 80-4	116,2	<5	132	0,4	0,01	20,85
BG 80-4	120,1	<5	85	0,4	0,01	19,16
BG 80-4	126,8	<5	8	0,3	0,08	12,70

provenaient d'une zone de cisaillement d'orientation NW (Doiron, 1986) (communication personnelle) (figure 91).

### Structure

La cartographie détaillée (échelle de 1 : 240) que nous avons effectuée sur cet indice a permis de mettre en évidence deux zones de cisaillement d'orientation NE-SW (040°/60° et 035°/72°) à mouvement inverse senestre (figure 91). Ces zones de cisaillement sont donc parallèles à la trace du plan axial du pli synclinal antiforme local (Lavoic, 1972). La zone localisée dans la partie est de l'indice contient une veine de quartz blanc localement enfumé ayant 0,6 à 0,9 m de largeur. Cette veine montre des évidences de plissement en «S» avec développement d'un clivage de plan axial dans les zones de charnière. De plus, elle est boudinée. La zone de cisaillement dans la partie ouest de l'affleurement est caractérisée par une très

forte schistosité et la présence de filonnets de quartz plissotés et boudinés.

L'ensemble de la zone de cisaillement semble d'ailleurs légèrement plissé en «S». Il est difficile de déterminer la cause exacte du plissement des zones de cisaillement et des veines de quartz qu'elles contiennent. Toutefois, comme ces cisaillements sont subparallèles au plan axial du pli NE, il est possible qu'ils se soient formés précocement lors du plissement et que la poursuite de celui-ci ait entraîné leur déformation. Il se peut également que cette déformation soit associée à la poursuite de la déformation à l'intérieur de la zone de cisaillement après que la veine de quartz se soit formée ou à un mouvement tardif causé peut-être par l'influence de la faille du lac Gwillim localisée à environ 3,2 km vers l'est.

Nous avons également observé d'autres structures mineures telles des zones de cisaillement ( $\leq 0,3$  m de largeur)

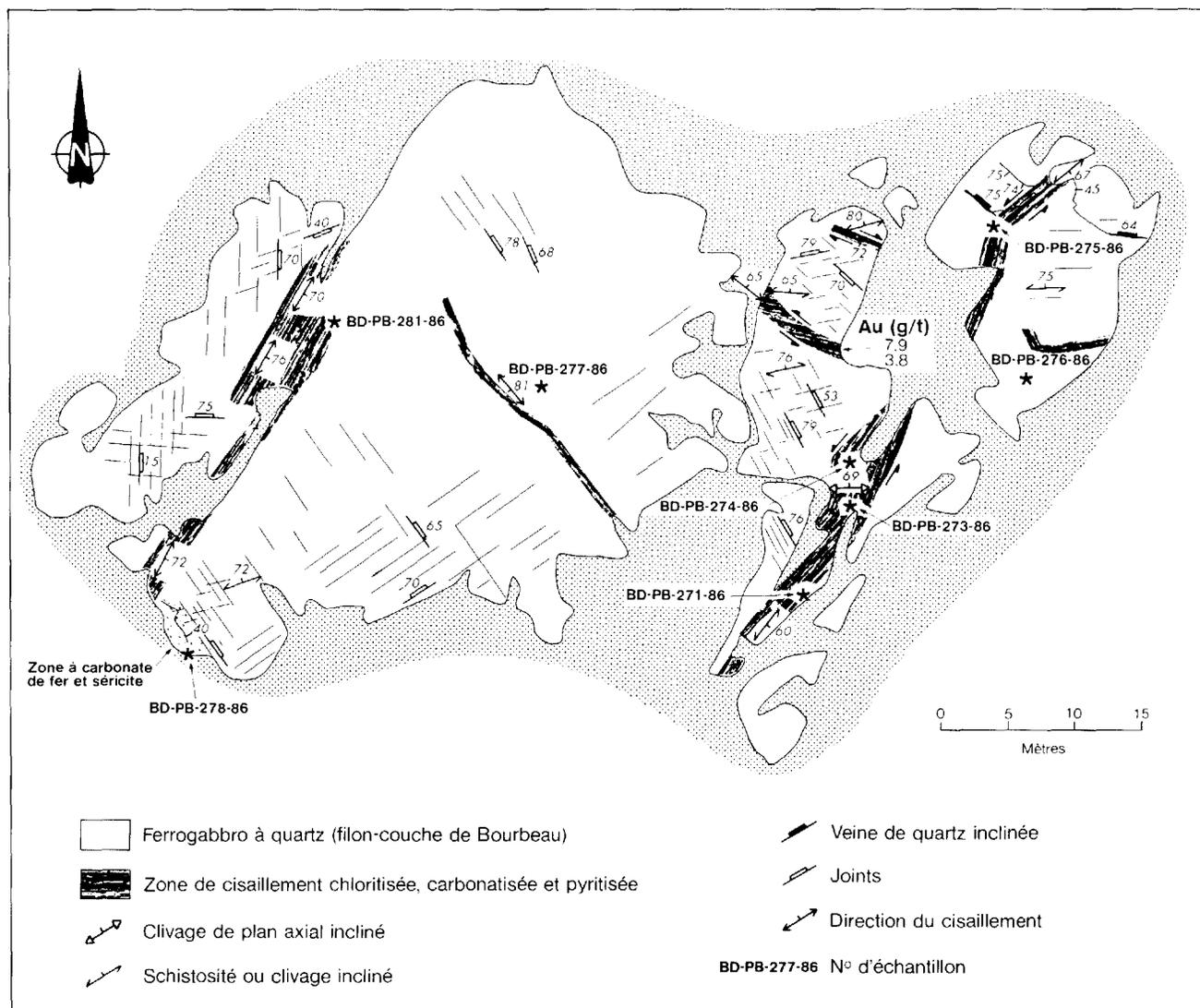


FIGURE 91 — Plan géologique de l'indice Springer.

orientées NW-SE, à mouvement inverse dextre et contenant localement des veinules de quartz, des joints NW-SE, des joints N-S et un clivage E-W (figure 91).

### Altération

L'altération hydrothermale observée à l'indice Springer est principalement localisée à l'intérieur des zones de cisaillement NE-SW. Cette altération se caractérise par une forte carbonatation et une forte chloritisation, ainsi que par une faible séricitisation et une faible pyritisation de l'encaissant. La pyritisation est principalement observée à l'intérieur de la zone de cisaillement de la partie est de l'affleurement. On observe, en effet, l'abondance de pyrite au contact entre l'encaissant et la veine de quartz. Par endroits, des zones lenticulaires de pyrite massive sont présentes dans la veine de quartz. Il s'agit peut-être de fragments d'encaissant totalement pyritisés, incorporés dans la veine de quartz. La calcite semble le principal carbonate développé, car la roche réagit fortement à l'acide chlorhydrique à froid sur la masse. Une étude

pétrographique sommaire de 4 échantillons suggère de grandes variations dans la proportion des phases d'altération. Ainsi, les échantillons BD-PB-271-86 et BD-PB-274-86 provenant de la zone de cisaillement de la partie est de l'affleurement révèlent que la roche possède une texture ultramylonitique (Sibson, 1977) et qu'elle est formée de 35 à 55% de chlorite, de 32% d'agrégats de quartz-feldspath microcristallin provenant du broyage des plagioclases et du quartz primaire, de 2 à 20% de carbonate, de 3 à 5% de quartz très déformé et de 8% de leucoxène. L'échantillon BD-PB-281-86 provient de la zone de cisaillement de la partie ouest de l'affleurement. Il possède une texture blastomyonitique (Sibson, 1977) et est constitué de 57% de carbonate, de 12% de séricite, de 7% de chlorite et de 5% de pyrite. On note également la présence de 10% de reliques de plagioclase, 2% de quartz et 7% de leucoxène. Finalement, l'échantillon BD-PB-275-86 provient d'une zone pyritisée accolée à la veine de quartz principale (figure 91). La roche possède une texture mylonitique et elle est constituée de 15% de carbonate, de 5% de chlorite, de 37% d'agrégats de quartz-feldspath microcristallin et

de 12% de pyrite allongée selon la schistosité. La pyrite est souvent accolée à des grains de leucoxène (6%). Finalement, on note la présence de 22% d'albite et de 2% de reliques de quartz.

À l'extrémité sud-ouest de l'affleurement (figure 91), on observe une petite zone de couleur rouille causée par des carbonates de fer et(ou) de magnésium, de la séricite ( $\pm$  fuchsite) et de la pyrite (3 à 5%). Cette zone d'altération est associée à une veine de quartz blanc contenant 1% de pyrite disséminée. Son extension vers le sud demeure indéterminée.

Le tableau 16 présente le sommaire des résultats d'analyses réalisées sur cet indice (voir le tableau C-5 de l'annexe III pour les résultats détaillés). On constate qua-

litativement que, comparés à l'échantillon non altéré BD-PB-276-86, les échantillons BD-PB-271-86, BD-PB-274-86 et BD-PB-281-86 présentent très peu de modifications si ce n'est de l'apport de  $\text{CO}_2$  et de  $\text{H}_2\text{O}^+$ . Leur rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  reste très faible (0,04, 0,06 et 0,24). L'échantillon BD-PB-275-86 provenant d'une zone pyritisée montre des variations plus importantes, en particulier un apport de  $\text{Na}_2\text{O}$  (6,36%) et de S (5,98%) et un lessivage de  $\text{MgO}$  (1,13%). Toutefois, le rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  demeure faible (0,06). Tous ces échantillons ont un rapport  $\text{SiO}_2/(\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}^++\text{S})$  beaucoup plus faible que celui de l'échantillon non altéré BD-PB-276-86. Cette diminution est provoquée par l'apport de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$  et S, la proportion de silice étant à peu près constante.

**TABEAU 16 — Analyse sommaire des éléments majeurs et des éléments traces de l'indice Springer**

	BD-PB-276-86* Ferrogabbro** à quartz non altéré***	BD-PB-271-86 Ferrogabbro à quartz chlorite et calcite	BD-PB-275-86 Ferrogabbro à quartz carbonate et pyrite	BD-PB-274-86 Ferrogabbro à quartz chlorite	BD-PB-281-86 Ferrogabbro à quartz carbonate
Éléments majeurs (% du poids)					
$\text{SiO}_2$	51,2	48,8	49,0	47,3	51,2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	13,3	12,4	13,7	15,8	13,5
$\text{TiO}_2$	1,72	1,67	1,93	2,20	1,71
Fer total	14,5	12,1	14,7	18,1	11,5
FeO	9,70	9,50	1,40	14,8	9,30
MnO	0,23	0,20	0,04	0,24	0,16
MgO	4,38	4,65	1,13	6,32	5,11
CaO	12,2	8,71	3,02	2,03	6,10
$\text{Na}_2\text{O}$	2,42	2,91	6,36	2,81	2,55
$\text{K}_2\text{O}$	0,30	0,12	0,39	0,17	0,60
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,21	0,21	0,24	0,24	0,19
Perte au feu	1,3	7,8	9,2	4,4	7,4
Total	99,8	99,6	99,7	99,6	100,0
$\text{CO}_2$	0,06	5,6	1,7	0,02	4,3
$\text{H}_2\text{O}^+$	1,7	3,6	2,0	3,8	3,2
S	0,00	0,06	5,98	0,07	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	5,0	300	35	20	47
Zn	94	95	21	130	66
As	17	12	33	16	5
Mo	<5	<5	10	<6	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	20	4	14	10	4
Au (ppb)	40	<20	50	<20	80
Éléments traces (ppm)					
B	<10	<10	70	<10	<10
Y	30	30	40	30	50
Zr	120	100	140	180	120
Rapport indicateur					
$\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$	0,12	0,04	0,06	0,06	0,24
$\text{SiO}_2/(\text{CO}_2+\text{H}_2\text{O}^++\text{S})$	29,09	5,27	5,06	12,16	6,83

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Type d'altération

## Introduction

En guise de conclusion, nous présentons d'abord un sommaire de notre étude régionale, un sommaire de nos travaux à la mine Cooke et un sommaire de nos travaux à la mine Norbeau. Par la suite, nous effectuerons une comparaison des caractéristiques des mines et des indices étudiés. Finalement, nous présenterons des guides d'exploration stratégiques et tactiques aux échelles locale et régionale.

## Étude régionale

Nos travaux ont permis de constater que le filon-couche de Bourbeau, cartographié dans les cantons de Roy, Richardson et Cuvier et dans la coupe stratigraphique de Cuvier-Barlow, présente partout la même succession de faciès. Ces faciès pétrologiques ne sont pas toujours présents, mais sont toujours dans le même ordre. Il s'agit, de la base au sommet, d'une zone de pyroxénite, d'un leucogabbro, d'un ferrogabbro à quartz contenant des zones de rosettes de hornblende, et d'une ferrodiorite à quartz avec un granophyre sodique par endroits. On peut résumer les principales caractéristiques pétrographiques en rappelant que, dans tous les secteurs, l'apparition du plagioclase calcique marque le début du faciès leucogabbroïque, tandis que la présence d'environ 7% de titanomagnétite, de quartz et parfois de rosettes de hornblende caractérise le faciès ferrogabbroïque. Enfin, le faciès ferrodioritique est caractérisé par une abondance de quartz (11%) et des intercroissances granophyriques (5%). L'étude pétrochimique montre que, sur le plan de la coïncidence spatiale et de la tendance évolutive, tous les échantillons étudiés sont comagmatiques et appartiennent à la série tholéiitique. De plus, les différents faciès pétrologiques précédemment décrits traduisent parfaitement l'évolution pétrochimique et justifient leur dénomination de terrain.

## Mine Cooke

L'étude détaillée de la mine Cooke a permis de caractériser pétrographiquement et pétrochimiquement les trois faciès pétrologiques cartographiés : la pyroxénite, le leucogabbro et le ferrogabbro à quartz. Nous avons constaté que la différenciation magmatique du filon-couche a produit des faciès pétrologiques semblables, aux points de vue pétrographique et pétrochimique, à ceux observés régionalement et qu'ils présentent des caractéristiques propres aux magmas tholéiitiques. Toutefois, on constate que, comparativement à l'étude régionale, les faciès leucogabbroïque et ferrogabbroïque présentent, sur le diagramme AFM, un enrichissement relatif en  $\text{Na}_2\text{O}$  et (ou)  $\text{K}_2\text{O}$ . Cet enrichissement pourrait être associé au métaso-

matisme allochimique subi par le filon-couche dans l'environnement de la mine Cooke, reflétant ainsi la grande mobilité de ces deux oxydes.

L'étude pétrographique détaillée des carottes provenant de 4 trous de sondage a permis de constater que l'altération hydrothermale est relativement peu intense et qu'elle est dominée par la chloritisation, la carbonatation (calcite) et la séricitisation. La chloritisation et la carbonatation sont principalement observées dans la zone de cisaillement. L'intensité de ces deux types d'altération est en relation directe avec l'intensité du cisaillement. La séricitisation est principalement observée dans les zones de gabbro, cisailé ou non, recoupées de veinules et qui enveloppent la zone de cisaillement. La séricite forme des agrégats pseudomorphes des plagioclases. La séricite est particulièrement abondante dans les forages S-588 et U-9389. Toutefois, elle est pratiquement absente dans le forage U-15331. Nous avons également observé de l'axinite (U-9389 et U-9399) et de l'hématite (U-15331).

Afin de préciser la pétrographie des altérations hydrothermales et de définir les modifications chimiques des roches, nous avons réalisé une étude lithogéochimique comportant trois approches distinctes : une approche qualitative, une approche quantitative et une approche statistique. Qualitativement, on constate une augmentation du rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  en approchant de la zone minéralisée. Cette augmentation est en coïncidence spatiale directe avec la séricite observée pétrographiquement. On observe également que le rapport  $\text{SiO}_2/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}^+ + \text{S})$  a tendance à diminuer en approchant de la zone minéralisée. Selon Boyle (1979), ces comportements sont tout à fait typiques des zones aurifères trouvées dans des contextes lithologiques semblables à celui de la mine Cooke. De plus, le cuivre et l'arsenic sont abondants dans les zones aurifères.

Une étude quantitative basée sur la méthode de Gressens (1967) a permis de mettre en évidence que, dans la zone de cisaillement, la silice et le sodium sont fortement lessivés, tandis que le potassium et le fer total sont nettement enrichis. L'enrichissement en potassium combiné au lessivage du sodium explique parfaitement l'augmentation du rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  suggérée par l'étude qualitative et traduit bien le métasomatisme potassique observé pétrographiquement. Le lessivage de la silice explique, du moins partiellement, la diminution du rapport  $\text{SiO}_2/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}^+ + \text{S})$  en approchant de la zone minéralisée.

L'étude statistique des éléments indicateurs confirme la corrélation cuivre-or et l'absence de corrélation entre le  $\text{CO}_2$  et l'or. Ces résultats concordent avec ceux de Boisvert (1984) et de Boisvert & Drouin (1985). Enfin, ils permettent d'établir les seuils à partir desquels il est raisonnable de prévoir des teneurs de plus de 500 ppb ou 1 000 ppb d'or. Nous considérons, en effet, que des seuils

de 1 000 ppm de Cu, 200 ppm de As, 1 ppm de Ag et 2% de S pourraient s'avérer très intéressants car la probabilité d'obtenir plus de 1 000 ppb d'or est forte.

Les observations minéragraphiques nous permettent de proposer un modèle préliminaire de paragenèse métallique. Ainsi, les sulfures se sont mis en place lors du remplissage des veines et des veinules de quartz localisées dans les zones de cisaillement. L'intense cataclase subie par les veines de quartz-calcite dans les zones de cisaillement aurait généré une perméabilité secondaire permettant la mise en place et(ou) la redistribution des sulfures et la formation d'une deuxième génération de quartz et de calcite. L'ordre de cristallisation des sulfures serait le suivant : l'arsénopyrite ou la pyrite puis la pyrrhotite et ensuite la chalcopyrite. La chalcopyrite est le sulfure le plus abondant. Dans certains cas, elle constitue jusqu'à 90% de la zone minéralisée. La précipitation des sulfures s'est produite dans un milieu dynamique (zone de cisaillement) qui a été possiblement déformé par des mouvements internes associés aux failles tardives qui recoupent la minéralisation. L'arsénopyrite et la pyrite ont été cataclasées, tandis que la chalcopyrite et la pyrrhotite se sont déformées de manière plastique. La précipitation de l'or a coïncidé avec celle des sulfures. L'or est en effet observé : dans la chalcopyrite qui cimente les grains d'arsénopyrite et de pyrite; en inclusion et en remplissage de fractures de l'arsénopyrite et de la pyrite; au contact entre l'arsénopyrite ou la pyrite et la chalcopyrite; et en inclusion dans les plages de chalcopyrite.

U point de vue structural, nous avons effectué une étude statistique de l'orientation des zones de cisaillement minéralisées des niveaux 4, 5 et 6 à l'aide des données recueillies et des données indiquées sur les plans de la mine. Nous avons ainsi mis en évidence deux orientations préférentielles très nettes : une orientation E-W ( $260^\circ$  à  $284^\circ$ ), à pendage vers le S ou vers le N, et une autre NW-SE ( $292^\circ$  à  $320^\circ$ ), à pendage généralement vers le N. Ces cisaillements possèdent des éléments structuraux typiques des zones de cisaillement inverses dextres. Des relations de recoupement entre les zones de cisaillement suggèrent que, à l'instar du modèle de Ramsay (1980), ces zones de cisaillement dextres se sont propagées dans un mouvement en sens horaire qui a créé des bifurcations, des variations de pendage et des recoupements de cisaillement produits par un même système de contraintes. Ces zones de cisaillement minéralisées ont ultérieurement été recoupées par des failles obliques d'orientation NE-SW (senestres) et parfois N-S (dextres) qui délimitent les extensions latérales actuelles du gisement. Selon notre modèle, ces failles seraient associées aux failles régionales du lac Gwillim et de Chibougamau Copper. Suite à nos recommandations, des travaux récents (hiver et printemps 1987), effectués par Minnova (anciennement Corporation Falconbridge Copper), ont prouvé notre modèle structural et permis de retrouver l'extension des zones de cisaillement minéralisées déplacées par les failles NE-SW senestres (figure 92).

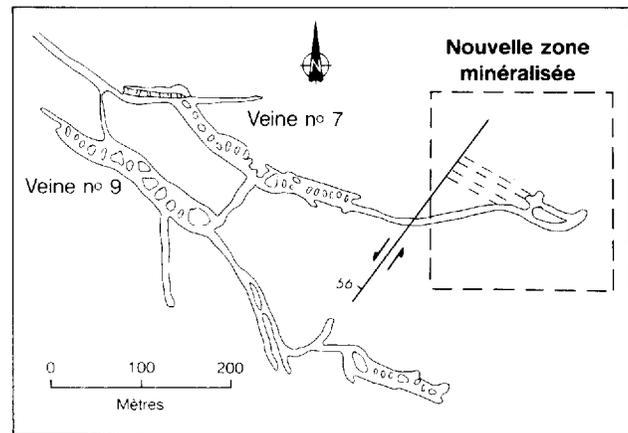


FIGURE 92 — Plan géologique du niveau 7 de la mine Cooke montrant l'extension de la veine n° 7 retrouvée à l'est d'une faille NE. Noter le déplacement senestre de la zone minéralisée.

## Mine Norbeau

L'étude détaillée de la mine Norbeau a permis de préciser pétrographiquement et pétrochimiquement les différents faciès pétrologiques cartographiés, soit la péridotite, le leucogabbro, le ferrogabbro à quartz, la ferrodiorite à quartz et les intercroissances granophyriques, et le ferrogabbro sommital (de trempe). Pétrochimiquement, cette différenciation magmatique présente des caractéristiques propres aux magmas tholéitiques. La comparaison des résultats de notre étude pétrochimique à la mine Norbeau avec ceux obtenus régionalement suggère que, sauf le comportement du rapport  $\text{SiO}_2/\text{MgO}$ , l'évolution pétrochimique est identique. La comparaison des diagrammes AFM et de Jensen (1976) montre une excellente coïncidence spatiale entre les faciès pétrologiques cartographiés à la mine Norbeau et ceux observés régionalement. L'étude pétrographique détaillée de 2 trous de sondage et de 4 coupes, recoupant les veines New Vein, Sharpe, Mann et n° 1, a permis de constater que l'altération hydrothermale se caractérise par des carbonates (ferro-ankérite et calcite), des chlorites ferrifères et de la séricite. Les ferro-ankérites et la séricite sont localisées dans la zone contenant des veines de quartz subhorizontales et des sulfures (pyrite et arsénopyrite). Cette zone est accolée à la veine de quartz aurifère subverticale et contient également des valeurs aurifères. Finalement, la séricite possède un comportement inverse à celui de la chlorite. En effet, la séricite s'avère abondante, dans la zone de cisaillement, là où la chlorite est pratiquement absente.

Dans le but de définir les modifications chimiques associées à l'altération hydrothermale, nous avons réalisé une étude lithogéochimique qualitative et une étude statistique. Ainsi, à l'aide de l'étude lithogéochimique qualitative, on constate une augmentation du rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  en approchant de la zone minéralisée. Cette augmentation est en coïncidence spatiale avec la présence de la séricite notée pétrographiquement. On note également que le rapport  $\text{Si}_2\text{O}/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{S})$  présente une diminution marquée en approchant de la zone minéralisée. Cette diminution est notée sur une étendue

pouvant atteindre une trentaine de mètres. Selon Boyle (1979), ce comportement est typique des zones aurifères trouvées dans des contextes semblables à celui de la mine Norbeau. Finalement, l'arsenic est présent dans la zone aurifère, alors que le cuivre est, contrairement à son comportement à la mine Cooke, pratiquement absent.

L'étude statistique des éléments indicateurs confirme la corrélation entre l'arsenic et l'or. Elle révèle l'absence de corrélation entre Cu, Ag, l'intensité de la carbonatation et l'or. De plus, elle suggère des seuils  $> 400$  ppm As et  $> 0,9\%$  S, à partir desquels il est raisonnable de prévoir des teneurs anormales en or ( $\geq 150$  ppb). Ces teneurs anormales témoignent de la présence d'or dans l'environnement et permettent d'espérer la découverte de zones économiquement plus intéressantes.

La minéralisation est principalement localisée dans des veines de quartz enfumé subverticales. Les veines contiennent des proportions de sulfure qui varient de traces à 5%. Les sulfures sont plutôt localisés au contact ou près du contact entre la veine et l'encaissant gabbroïque. Les phases métalliques sont principalement la pyrite et l'arsénopyrite. De plus, des traces de pyrrhotite, d'or natif, de chalcopryrite, de sphalérite et de galène ont également été notées. Selon nos observations minéragraphiques, les phases métalliques se sont principalement formées suite au remplacement des titanomagnétites primaires par le leucoxène et la pyrite-arsénopyrite. Alors que les sulfures présents dans les veines de quartz se sont formés par réaction entre les fragments d'encaissant incorporés dans la veine et le fluide, par une précipitation contemporaine du quartz primaire et par remplissage. Ces veines se sont formées dans un environnement dynamique qui a continué d'évoluer même après leur formation. Ainsi, l'intense cataclase subie par ces veines aurait créé des ouvertures permettant la mise en place de l'or et des sulfures. L'or est principalement observé : en inclusion dans la pyrite et l'arsénopyrite; au contact entre ces deux phases; au contact entre le quartz et la pyrite ou l'arsénopyrite; et localement (veine Mann) en remplissage de fractures dans le quartz.

Notre analyse structurale a permis de mettre en évidence plusieurs types de discontinuité et au moins deux épisodes de déformation. Les éléments observés sont la stratification  $S_0$ , la schistosité, des failles longitudinales et des cisaillements  $S_2$  et un clivage de fracture et des failles (locales)  $S_3$ . Les zones minéralisées sont localisées à l'intérieur de zones de cisaillement inverses comportant une composante senestre dans les veines E-W et une composante latérale dextre pour la veine n° 1. Ces zones de cisaillement sont orientées E-W, NW-SE (veine n° 5), NNE (veine n° 1) et N-S (veine n° 4). Nous croyons que les veines aurifères sont localisées dans des cisaillements contemporains d'orientation variable mais associés à un même événement structural, la déformation régionale  $S_2$ . Les caractéristiques géologiques (altération, type de minéralisation et phases métalliques) identiques de ces veines entérinent cet énoncé. Finalement, la déformation  $S_3$  est plus tardive. Elle se manifeste par un clivage de frac-

ture tardif orienté NE-SW et NW-SE, de même que par la présence locale de failles cassantes orientées vers le NW-SE (à mouvement dextre) et le NE-SW (à mouvement senestre). Ces failles ont des rejets latéraux pouvant atteindre localement une trentaine de mètres.

## Comparaison des caractéristiques des mines et des indices étudiés

Afin de résumer et de comparer les principales caractéristiques des mines et des indices aurifères que nous avons étudiés, nous présentons deux tableaux comparatifs. Le premier (tableau 17) présente les grandes caractéristiques géologiques, alors que le second (tableau 18) traite des caractéristiques lithogéochimiques. Ainsi, on constate, au tableau 17, que les minéralisations aurifères économiques sont toutes localisées à l'intérieur de veines de quartz (mines Cooke et Norbeau). À la mine Norbeau et dans les indices Chibougamau Copper, Tadd, Springer, et du ruisseau Leclerc, la majeure partie des zones minéralisées ou anormales en or sont localisées dans le ferrogabbro à quartz et(ou) la ferrodiorite à quartz. Elles se situent donc plutôt vers le sommet du filon-couche de Bourbeau, là où les proportions de silice et de fer total sont plus élevées. D'autre part, le leucogabbro est l'hôte d'une grande partie de la minéralisation exploitée à la mine Cooke. À l'exception de l'indice Springer, toutes les mines et tous les indices étudiés sont associés à des zones de cisaillement E-W avec des composantes orientées vers le NW-SE (mine Cooke) et vers le NNE (mine Norbeau). Il s'agit donc de cisaillements orientés, en tout ou en partie, subparallèlement aux plans axiaux des plis régionaux et aux failles longitudinales. Une des caractéristiques les plus importantes à mentionner est une structure régionale à proximité de la zone étudiée. On constate en effet que la mine Cooke est localisée à proximité des failles du lac Gwillim et Kapunapotagen, alors que la mine Norbeau se situe près de la faille du lac Antoinette et peut-être d'une structure majeure localisée au cœur du synclinal de Chibougamau et située dans le lac Bourbeau. Il en est de même pour deux des indices les plus intéressants : l'indice Chibougamau Copper, localisé dans un environnement similaire à celui de la mine Cooke (failles du lac Gwillim et Kapunapotagen) et l'indice Tadd, localisé dans le secteur de la faille Faribault. Il est donc possible que les structures régionales, en particulier les structures E-W, constituent une des caractéristiques, voire même la principale, des zones aurifères économiques au même titre que la faille de Cadillac dans la région de Val-d'Or—Rouyn. L'altération hydrothermale est, dans tous les cas, contrôlée par la présence de zones de cisaillement. Cette altération se caractérise partout par des carbonates (ankérite et calcite), de la chlorite, de la séricite et(ou) de la fuchsite. À la mine Cooke, les veines minéralisées se caractérisent par une grande abondance de phases métalliques ( $\leq 90\%$ ). Il s'agit principalement de chalcopryrite et de pyrrhotite avec des quantités moindres de pyrite et d'arsénopyrite. Dans tous les autres secteurs, les phases métalliques sont peu abondantes ( $\leq 15\%$ ). Il s'agit

TABLEAU 17 — Résumé des principales caractéristiques des mines et des indices étudiés

	Mine Cooke	Mine Norbeau	Indice Chibougamau Copper (forage)	Indice Bourbeau west-1 (composite)
<b>Minéralisation</b>	1,7 X 10 <sup>6</sup> t 5,2 g/t Au	419 029 t 13,4 g/t Au	14,2 g/t Au sur 1,5 m 12,2 g/t Au sur 1,4 m	5,2 g/t Au
<b>Type de minéralisation</b>	Veines de quartz, calcite et sulfures	Veines de quartz enfumé	Veines de quartz, calcite et pyrite	Veines de quartz
<b>Contrôles</b>				
- stratigraphique	Leucogabbro et ferrogabbro à quartz	Ferrodiorite, ferrogabbro et ± leucogabbro	Ferrogabbro et leucogabbro	Leucogabbro
- structural (zones de cisaillement)	E-W et NW	E-W et NNE	E-W et NW	E-W
- proximité d'une structure régionale	Failles du lac Gwillim (NE) et Kapunapotagen (E-W)	Faïlle du lac Antoinette (E-W)	Faïlle Kapunapotagen (E-W)	
<b>Altération</b>	Chlorite, carbonates et séricite	Carbonates, chlorite, séricite et tourmaline	Carbonates et chlorite	Ankérite, calcite, séricite et fuchsite
<b>Phases métalliques</b>				
- pyrite	5%	3 à 5%	≤10%	≤5%
- arsénopyrite	5 à 10%	1 à 2%	-	-
- chalcoppyrite	30 à 40%	Traces	-	-
- pyrrhotite	10%	Traces	-	-

TABLEAU 17 — Résumé des principales caractéristiques des mines et des indices étudiés (suite)

	Indice Bourbeau west-2 (forage)	Indice du ruisseau Leclerc (forage)	Indice Tadd (forage)	Indice Springer (composite)
<b>Minéralisation</b>	7,2 g/t Au sur 0,9 m	0,7 g/t Au sur 0,9 m	5,5 g/t Au sur 0,8 m	7,9 g/t Au 3,8 g/t Au
<b>Type de minéralisation</b>	Veines de quartz et pyrites	Ferrodiorite ankéritisée, séricitisée et pyritisée	Ferrodiorite à ankérite, séricite et pyrite	Ferrogabbro à quartz chloritisé carbonatisé et pyritisé
<b>Contrôles</b>				
- stratigraphique	Leucogabbro	Ferrogabbro et ferrodiorite à quartz	Ferrodiorite à quartz	Ferrogabbro à quartz
- structural (zones de cisaillement)	E-W et NW	E-W	E-W	NE et NW
- proximité d'une structure régionale	-	-	Faïlle Faribeault (E-W)	Faïlle du lac Gwillim (NE)
<b>Altération</b>	Ankérite, calcite et chlorite	Ankérite, séricite et chlorite	Ankérite, séricite, fuchsite, chlorite et calcite	Chlorite, calcite et séricite
<b>Phases métalliques</b>				
- pyrite	≤10%	≤15%	≤15%	≤15%
- arsénopyrite	-	-	1 à 2%	-
- chalcoppyrite	-	-	-	-
- pyrrhotite	-	-	-	-

essentiellement de pyrite avec une certaine proportion d'arsénopyrite à la mine Norbeau et à l'indice Tadd (1 à 2%).

Le tableau 18 présente une comparaison des principales caractéristiques lithogéochimiques des mines et indices que nous avons étudiés. Pour l'établir, nous avons considéré les modifications chimiques ayant affecté les différentes zones d'altération reconnues. Les éléments chimiques et les rapports utilisés sont ceux que nous considérons les plus représentatifs et les plus communément utilisés dans ce genre d'étude. Le lecteur doit prendre note que cette comparaison est qualitative et basée, en ce qui a trait aux indices, sur une faible proportion d'analyses. De plus, on note que les valeurs présentent parfois

des variations très marquées à l'intérieur d'un même type d'altération. Les échantillons représentent des faciès qui ont subi une altération à des degrés variables et font partie d'un milieu plutôt hétérogène. Nous croyons toutefois que les valeurs moyennes sont relativement représentatives.

Toutes les mines et indices présentent un enrichissement en CO<sub>2</sub>. À l'exception de la mine Cooke (3,11%), cet enrichissement est élevé. Il est à noter que nous ne disposons pas d'analyses du CO<sub>2</sub> pour tous les échantillons de l'indice Tadd considérés dans cette comparaison. Toutefois, au tableau 15, on constate que les proportions de CO<sub>2</sub> dans les échantillons accolés à la zone minéralisée

TABLEAU 18 — Comparaison des caractéristiques lithogéochimiques des mines et indices étudiés

Mine ou indice	Type d'altération	Nombre d'échantillons	CO <sub>2</sub> (% du poids)		K <sub>2</sub> O (% du poids)		Na <sub>2</sub> O (% du poids)		K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O		SiO <sub>2</sub> /(CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O+S)		As (ppm)		Au (ppb)		Cu (ppm)	
			moy.	max. min.	moy.	max. min.	moy.	max. min.	moy.	max. min.	moy.	max. min.	moy.	max. min.	moy.	max. min.	moy.	max. min.
Cooke	Séricite et carbonates	5	3,11	6,54	2,11	3,14	3,02	4,23	0,77	1,40	13,34	23,76	202	486	1809	4879	10800	20000
	Chlorite, calcite et sulfures	4	1,69	2,84	0,58	1,48	1,14	2,45	1,49	3,0	21,21	48,89	486	825	7631	30000	5453	20000
	Ferrogabbro non altéré	36	1,01	2,83	0,47	0,75	4,36	5,47	0,11	0,20	30,57	39,43	3,58	9,5	5,79	43	58,06	190
Norbeau	Carbonates, séricite et pyrite	11	7,58	13,84	1,51	3,53	1,84	5,06	26,68	353	4,39	8,06	3669	20000	788	2760	89	210
	Chlorite et calcite	17	3,57	9,46	0,17	1,03	1,94	3,81	0,10	0,50	14,09	112,17	58	160	5	10	3,57	418
	Ferrodiorite non altérée	8	0,52	1,40	0,48	0,92	3,31	4,98	0,15	0,32	18,4	23,44	11	20	1	1	35,6	57
Chibougamau Copper	Carbonates, séricite et pyrite	1	6	-	0,66	-	1,96	-	0,34	-	4,27	-	86	-	330	-	210	-
	Chlorite et calcite	2	1,36	2,0	0,27	0,27	2,42	2,78	0,11	0,13	12,28	14,33	15	15	32	61	54	82
	Ferrogabbro non altéré	3	0,16	0,36	0,32	0,39	2,46	2,99	0,15	0,27	27,77	32,22	8	11	1	2	72	120
Bourbeau west-1	Carbonates de fer et séricite	1	13	-	3,27	-	<0,01	-	327	-	2,18	-	2000	-	28	-	15	-
	Chlorite et calcite	1	1,9	-	0,59	-	1,84	-	0,32	-	8,45	-	32	-	12	-	85	-
	Ferrogabbro non altéré	1	0,11	-	0,47	-	1,59	-	0,30	-	14,68	-	44	-	4	-	61	-
Bourbeau west-2	Carbonates et séricite	3	9,23	12	2,14	2,27	0,16	0,46	55	207	4,08	4,74	510	1400	22	33	47	93
	Carbonate et chlorite	1	7,8	-	1,12	-	0,57	-	1,96	-	3,40	-	22	-	2	-	4,5	-
	Ferrogabbro non altéré	1	1,7	-	0,13	-	2,39	-	0,05	-	18,63	-	25	-	9	-	31	-
Du ruisseau Leclerc	Carbonates, séricite et pyrite	1	12	-	3,28	-	1,92	-	1,71	-	1,93	-	650	-	62	-	42	-
	Carbonates, séricite et chlorite	1	4,7	-	0,51	-	2,68	-	0,19	-	6,04	-	21	-	24	-	210	-
	Calcite et chlorite	1	4,3	-	0,33	-	2,14	-	0,15	-	5,93	-	38	-	4	-	87	-
Tadd	Ankérite, séricite et pyrite	1	3,21	-	0,80	-	4,90	-	0,16	-	6,75	-	225	-	7500	-	-	-
	Ankérite et fuchsite	2	1,57	-	1,30	1,30	3,08	5,86	2,28	4,11	4,10	5,79	61	-	<5	-	-	-
	Chlorite et calcite	2	2,61	4,27	0,40	0,45	4,23	5,09	0,10	0,10	12,17	12,47	5	6	-	-	-	-
Springer	Carbonates et pyrite	1	1,7	-	0,39	-	6,36	-	0,06	-	5,06	-	33	-	50	-	35	-
	Chlorite et calcite	1	5,6	-	0,12	-	2,91	-	0,04	-	5,27	-	12	-	1	-	300	-
	Carbonates et séricite	1	4,3	-	0,60	-	2,55	-	0,24	-	6,83	-	5	-	79	-	47	-

du forage BG 80-4 atteignent 26%. Le  $K_2O$  montre partout un enrichissement progressif depuis l'encaissant non altéré jusqu'à la zone minéralisée ou la zone de carbonates, séricite et pyrite accolée à cette dernière. Cet enrichissement témoigne de la séricitisation observée dans tous les secteurs. À l'inverse du  $K_2O$ , le  $Na_2O$  montre généralement une diminution. Cette diminution est particulièrement marquée dans les indices Bourbeau west-1 et Bourbeau west-2, ainsi que dans les veines n° 1 et Mann à la mine Norbeau. Conséquemment le rapport  $K_2O/Na_2O$  présente, dans l'ensemble, une augmentation à l'approche de la zone minéralisée. Cette augmentation est particulièrement forte dans les secteurs où le  $Na_2O$  est lessivé. Il est à noter que la moyenne de 26,68 obtenue pour le rapport  $K_2O/Na_2O$  à la mine Norbeau est fortement influencée par une valeur de 363 obtenue à la veine n° 1. Si on l'exclut, la valeur moyenne est de 1,58 et s'avère plus représentative des valeurs obtenues pour les veines E-W. Le rapport  $SiO_2/(CO_2 + H_2O + S)$  présente partout une diminution de la zone non altérée vers la zone minéralisée. Cette diminution témoigne de l'apport d'éléments volatiles provenant des fluides hydrothermaux et du lessivage de la silice. Mis à part l'indice Springer, l'arsenic est enrichi dans tous les secteurs. Pour sa part, l'or montre un enrichissement notable pour les indices Chibougamau Copper et Tadd et pour les deux mines. Finalement, le cuivre présente un enrichissement marqué pour les indices Chibougamau Copper, du ruisseau Leclerc et Springer, et surtout à la mine Cooke.

Le tableau 17 montre que les indices présentent des caractéristiques géochimiques semblables à celles des mines Cooke et Norbeau. Il ne semble pas exister, dans l'ensemble, parmi les éléments chimiques utilisés, de caractéristiques très nettes nous permettant de discriminer les indices des mines. Les conditions physico-chimiques des indices étudiés étaient donc favorables à la précipitation de l'or.

Ainsi, les indices aurifères étudiés montrent des mécanismes de formation semblables à ceux observés dans les mines Cooke et Norbeau. En effet, le type d'altération et leur relation avec les zones de cisaillement E-W semblent des constantes importantes. Toutefois, aucun d'entre eux ne présente, jusqu'à maintenant, une intensité de déformation comparable à celle des mines Cooke et Norbeau, un contenu en sulfures (chalcopyrite, pyrrhotite, arsénopyrite et pyrite) comparable à celui de la mine Cooke, et aucun d'entre eux ne contient non plus de veines de quartz aurifères comparables à celles cartographiées à la mine Norbeau ni de structures aurifères NNE telles qu'observées à cet endroit.

### Guides d'exploration stratégiques et tactiques

Les travaux que nous avons réalisés dans le cadre de ce projet ont permis d'établir certains guides d'exploration aux échelles locale et régionale. Nous les présenterons dans l'ordre.

## GUIDES LOCAUX

### Mine Cooke

La cartographie détaillée que nous avons réalisée à la mine Cooke a permis de mettre en évidence que la minéralisation est localisée à l'intérieur de zones de cisaillement inverses dextres d'orientation E-W à NW-SE. Ces zones de cisaillement ont ultérieurement été recoupées par des failles d'orientation NE-SW à ENE. Ces failles recoupent très nettement la minéralisation et l'entraînent dans un mouvement oblique senestre. Localement, des failles N-S, à mouvement dextre, sont également observées. Cette nouvelle interprétation a permis de trouver des extensions aux zones minéralisées et de développer une nouvelle interprétation structurale. En effet, des forages et une galerie d'exploration effectués à l'hiver et au printemps 1987, aux niveaux 7 et 8, ont permis de retracer la zone minéralisée déplacée vers la gauche sur une distance d'environ 45 m par les failles NE-SW (figure 92). Les résultats obtenus à l'intérieur de cette nouvelle zone minéralisée atteignent 38,0 g/t Au et 1,61% Cu sur 2,6 m. Ainsi, nos travaux ont permis de bien mettre en évidence la relation chronologique et spatiale entre les différents éléments structuraux, de développer un modèle structural permettant de trouver des extensions aux zones aurifères, d'augmenter les réserves et, peut-être, de prolonger la vie de la mine.

### Mine Norbeau

Les travaux de cartographie que nous avons réalisés à la mine Norbeau ont permis de définir le contexte structural associé aux veines de quartz aurifères d'orientation E-W. Il s'agit de zones de cisaillement ductiles-cassantes à mouvement inverse, comportant une composante senestre. Ces zones de cisaillement contiennent des veines de quartz subhorizontales plissées et une veine de quartz aurifère subverticale. Nos travaux ont également permis d'établir une relation chronologique entre les différents éléments structuraux. Cette démarche nous a permis d'intégrer, dans un même événement structural, la genèse des veines aurifères E-W et celle des veines aurifères NNE (n° 1) et N-S (n° 4) et également, d'établir le caractère cassant et tardif des failles NNE localisées dans la partie sud-ouest de la mine. Nous croyons que la veine de quartz que nous avons découverte représente l'extension de la veine n° 2. Les altérations hydrothermales développées dans l'encaissant associé à cette veine, la présence d'arsénopyrite, sa position stratigraphique (ferrogabbro à quartz) et les similarités que la veine présente avec les veines Sharpe et New Vein en font une cible d'intérêt. Finalement, la zone de cisaillement connue sous le nom de veine n° 11 (figure 43) s'avère une cible intéressante. Localisée à 183 m à l'est de la veine n° 1, cette zone est une structure subparallèle et fort probablement contemporaine de celle-ci. Lors de nos travaux, nous avons observé en surface une zone de cisaillement chloritisée et carbonatisée (calcite) qui correspond à l'expression en surface de la veine n° 11. Quatre forages réalisés par la compagnie

Norbeau Mines Ltd en 1967 (rapport interne) ont été effectués sur cette structure. Ils ont intersecté une zone de cisaillement d'une dizaine de mètres de largeur fortement chloritisée, carbonatisée et contenant des veinules de quartz avec des traces de pyrite. Même si les analyses chimiques ont révélé des teneurs en or variant de traces à 0,7 g/t, nous croyons que cette structure doit être réévaluée à une plus grande profondeur à l'aide de forages supplémentaires, car elle semble présenter de grandes similitudes avec la veine n° 1.

### Indices

Les travaux que nous avons réalisés sur les différents indices ont permis de présenter des cartes détaillées tenant compte de l'aspect structural (type de discontinuité et relation chronologique) et de l'altération hydrothermale associés à ces indices. Ils nous ont également permis de constater que la minéralisation est associée aux structures E-W. Les études pétrographique et lithogéochimique sommaire que nous avons effectuées ont permis de caractériser l'altération hydrothermale. Ces études permettront peut-être d'orienter les travaux futurs d'exploration sur ces indices et dans les secteurs environnants.

En résumé, l'étude locale des mines et des indices que nous avons effectuée a permis de préciser le contexte structural, d'établir les relations chronologiques entre les différents éléments structuraux, d'élucider la nature pétrographique et lithogéochimique de l'altération hydrothermale et de déterminer la nature des phases métalliques associées à la minéralisation.

### GUIDES RÉGIONAUX

À l'échelle régionale, on constate que les structures E-W et les cisaillements associés constituent le principal contrôle de la minéralisation aurifère étudiée. De plus, la proximité d'une structure régionale majeure semble un élément important. Ainsi, les structures régionales comme les plans axiaux des plis régionaux E-W et les failles longitudinales régionales (Kapunapotagan, Faribeault, du lac Antoinette, etc.) sont des cibles favorables. De plus,

nous croyons que la nature de la roche encaissante (affectée par la déformation) joue un rôle important dans la déformation du matériau. Elle lui permet de créer des zones d'ouvertures facilitant l'ascension des fluides hydrothermaux, de réagir avec le fluide et de créer un milieu réducteur propice à la précipitation de l'or. À ce titre, notre étude démontre que le filon-couche de Bourbeau constitue une cible régionale très favorable, en particulier les faciès ferrogabbroïques et ferrodioritiques localisés à son sommet, car ils sont riches en silice et en fer. Cette constatation est particulièrement évidente à la mine Norbeau où, outre la veine Mann, toutes les veines aurifères sont localisées au sommet du filon-couche. Toutefois, le leucogabbro n'est pas nécessairement à négliger, car ce faciès est l'hôte d'une grande partie de la minéralisation exploitée à la mine Cooke. Nous croyons que les filons-couches gabbroïques tholéitiques localisés dans la Formation d'Obatogamau ou la Formation de Gilman constituent des cibles intéressantes. La mine Chibex, dans les gabbros de l'Obatogamau, et la mine Gwillim, dans la Formation de Gilman, en sont une preuve. Jusqu'à présent, les minéralisations économiques trouvées dans le filon-couche de Bourbeau sont sous forme de veines de quartz aurifère enfumé et cataclasé (mine Norbeau et indices) et de veines de quartz-calcite cataclasées et riches en sulfures (mine Cooke). Nous croyons que c'est dans cette optique, très classique, que l'exploration aurifère doit être orientée. L'utilisation du rapport  $K_2O/Na_2O$  est recommandé, car nous avons observé partout un enrichissement en potassium et, fréquemment, un lessivage du sodium. Il en est de même pour l'utilisation du patron d'altération minéralogique basé sur la présence de calcite, de carbonates de fer-magnésium, de séricite, de chlorite et de pyrite, car ces minéraux constituent les principales phases d'altération que nous avons observées. Nous considérons que les zones à carbonates de fer-magnésium constituent un milieu très favorable à la minéralisation aurifère. Toutefois, ces zones ne représentent pas nécessairement la roche hôte de la minéralisation. Il s'agit plutôt des veines de quartz ou des zones à ankérite, séricite et pyrite-arsénopyrite accolées à ces veines et localisées à l'intérieur des zones carbonatisées.



# Références

- ALLARD, G.O., 1976 — Doré Lake Complex and its importance to Chibougamau geology and metallogeny. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-368, 446 pages.
- 1982 — Gold potential of the Bourbeau sill in Chibougamau, an analogue of the golden Mile Dolerite Sill at Kalgoorlie, Australia. Abstract, CIM Bulletin, mars 1982, page 93.
- ALLARD, G.O. — CATY, J.L. — CHOWN, E.H. — CIMON, J. — GOBEIL, A. — BAKER, D.J., 1979 — Stratigraphie et métallogénie de la région de Chibougamau. Association géologique du Canada — Association minéralogique du Canada; excursion B-1, Université Laval, Québec, 95 pages.
- ALLARD, G.O. — GOBEIL, A., 1984 — General geology of the Chibougamau region. In Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization. CIM; Special Vol. 34., pages 5 to 19. Edited by J. Guha and E.H. Chown.
- ANDERSON, E.M., 1951 — The dynamics of faulting. Olivier and Boyd, Edinburg, 183 pages.
- APPLEYARD, E.C. — DeBEER, C.J., 1983 — Soma — A package of fortran IV programs for calculating mass exchange in metasomatic and altered rocks. Technical Communication 70, CSIRO.
- ARCHER, P., 1986. — Rapport synthèse sur les travaux géologiques et géochimiques, projet Barlow. Rapport interne, 36 pages.
- AVRAMTCHEV, L., 1975 — Quart sud-ouest du canton de Barlow. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-120.
- BABCOCK, R.S., 1973 — Computational models of metasomatic processes. Lithos; 6, pages 279 to 290.
- BÉLANGER, J., 1979 — Caractérisation pétrochimique et géochimique de la zone cupro-zincifère «8-5» et de ses roches encaissantes, secteur Cooke, mines Opémiska, Chapais, Québec. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi, 145 pages.
- BÉLANGER, J. — GUHA, J. — COULOMBE, A. — CARIGNAN, J., 1984 — The 8-5 zone, Cooke Mine, Chapais: a volcanogenic massive sulphide deposit in the Blondeau Formation. In CIM; Special Vol. 34, pages 271 to 287.
- BOISVERT, M., 1984 — Étude lithogéochimique du sill Bourbeau à proximité des zones aurifères minéralisées n° 7 et n° 9 de la mine Cooke, Division Opémiska. Rapport Interne, Corporation Falconbridge Copper, Division Opémiska.
- 1985 — Lithogéochimie du sill Bourbeau, du dyke leucogabbroïque, ainsi que le comportement et distribution des éléments K<sub>2</sub>O et Au. Propriété Chiboug-Copper, rapport interne, Corporation Falconbridge Copper, Division Opémiska.
- BOISVERT, M. — DROUIN, M., 1985 — Lithogéochimie du sill Bourbeau aux voisinages de la mine d'or Cooke. In La géochimie d'exploration au Québec, séminaire d'information 1985. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 85-11, pages 117 à 124.
- BOUCHARD, G., 1987 — Environnement géologique de la mine Gwillim, région de Chibougamau, Québec. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi; 83 pages.
- BOUDREAULT, A.P., 1977 — Pétrographie et géochimie des laves et des filons-couches mafiques-ultramafiques du canton de Richardson, Québec. Mémoire de maîtrise non publié, Université du Québec à Chicoutimi; 117 pages.
- 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.
- BUCHANAN, M.J., 1983 — Étude pétrographique et géochimique du filon-couche de Bourbeau à partir du trou de forage S-970, Division Opémiska, Chapais. Projet de fin d'étude, B.Sc.A., Université du Québec à Chicoutimi, 81 pages.
- CHANEY, D. — PERRAULT, G., 1983 — Geochemical characteristics of gold mineralization at the Camflo Mine, Malartic — Val d'Or district, Québec. IREM/MERI; Research Contribution Paper 83-6, 34 pages.
- COULOMBE, A., 1984 — La mine Cooke, la mine Springer et la mine Perry, Chapais (Corporation Falconbridge Copper, Division Opémiska). Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, «Une ceinture Archéenne unique». In CIM; livret-guide pour le symposium tenu à Chibougamau, pages 89 à 93.
- COX, S. F. — ETHERIDGE, M.A., 1984 — Deformation microfabric development in chalcopyritic fault zones, Mt. Lyell, Tasmania. Journal of Structural Geology; Vol. 6, No. 1-2, pages 167 to 182.
- CRAIG, J.R. — VAUGHAN, D. J., 1981 — Ore microscopy and ore petrography. Wiley and Sons; 406 pages.
- CRUGNOLA, M.T., 1984 — Caractérisation pétrographique et géochimique du filon-couche de Bourbeau à partir du trou de forage S-560, Opémiska, Chapais. Projet de fin d'études, B.Sc.A., Université du Québec à Chicoutimi, 87 pages.
- DAIGNEAULT, R. — ALLARD, G., 1984 — Évolution tectonique d'une portion du sillon de roches vertes de Chibougamau. In Chibougamau-Stratigraphy Mineralization. CIM; Special Vol. 34, pages 212 to 228. Edited by J. Guha and E.H. Chown.
- DAVIES, J.F. — GRANT, R.W.E. — WHITEHEAD, R.E.S., 1979 — Immobile trace elements and Archean

- volcanic stratigraphy in the Timmins mining area, Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*; Vol. 16; pages 305 to 311.
- DEER, W.A. — HOWIE, R.A. — ZUSSMAN, J., 1962 — Rock forming minerals; Vol. 1., Longman's, Green and Co. Ltd., London.
- DIMROTH, E. — ROCHELEAU, M. — MUELLER, W., 1984a — Paleogeography, isostasy and crustal evolution of the Archean Abitibi Belt : a comparaison between the Rouyn-Noranda and Chibougamau-Chapais areas. *In Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization*. CIM; Special Vol. 34, pages 73 to 91.
- \_\_\_\_\_ 1984b — Paleogeography, isostasy and crustal evolution of the Archean Abitibi Belt : a comparaison between the Rouyn-Noranda and Chibougamau-Chapais areas. *In Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization*. CIM; Special Vol. 34, pages 73 to 91.
- DIMROTH, E. — ARCHAMBEAULT, G. — GOULET, N. — GUHA, J. — MUELLER, W., 1984c — A mechanical analysis of the late archean Gwillim Lake shear belt, Chibougamau area, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*; Vol. 21, No. 8., pages 963 to 968.
- DIMROTH, E. — MUELLER, W. — DAIGNEAULT, R. — BRISSON, H. — POITRAS, A. — ROCHELEAU, M., 1986 — Diapirism during regional compression : The structural pattern in the Chibougamau region of the Archean Abitibi Belt, Quebec. *Geologische Rundschau*; 75-3, pages 715 to 736.
- DUBÉ, B., 1985 — Géologie, pétrographie et métallogénie d'indices aurifères localisés dans le filon-couche de Bourbeau, centre-nord du canton de Barlow, Chibougamau. Thèse de maîtrise, Université Laval; 191 pages.
- DUBÉ, B. — GUHA, J., 1986a — Étude métallogénique (aurifère) du filon-couche de Bourbeau, région de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; rapport préliminaire, MB 86-04, 53 pages.
- \_\_\_\_\_ 1986b — Étude métallogénique (aurifère) du filon-couche de Bourbeau, région de Chibougamau : étude régionale et gîtologie de la mine Cooke. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; rapport d'étape, MB 86-69, 104 pages.
- \_\_\_\_\_ 1987 — Étude métallogénique (aurifère) du filon-couche de Bourbeau, région de Chibougamau : les indices aurifères. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; rapport préliminaire, MB 87-03, 33 pages.
- DUBÉ, B. — GUHA, J. — ROCHELEAU, M., 1987 — Alteration pattern related to gold mineralization and their relation to CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O ratios. *Mineralization and Petrology*; Vol. 37, pages 267 to 291.
- DUQUETTE, G., 1970 — Stratigraphie de l'Archéen et relations métallogéniques dans la région de Chibougamau. Ministère des Richesses naturelles, Québec; ES-8, 18 pages.
- \_\_\_\_\_ 1976 — North half of McKenzie and Roy townships and northwest quarter of McCorkill township. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-357, 126 pages.
- \_\_\_\_\_ 1982 — Demie nord des cantons de McKenzie et de Roy et quart nord-ouest du canton de McCorkill. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP-837, 72 pages.
- DUROCHER, M.E., 1983 — The nature of hydrothermal alteration associated with the Mansen and Starratt-Olsen deposit gold deposits, Red Lake Area. *In The Geology of gold deposits in Ontario*. Ontario Geological Survey; Miscellaneous Paper 110, pages 123 to 140.
- FINLOW-BATES, T. — STUMPFL, E.F., 1981 — The behavior of so-called immobile elements in hydrothermally altered rocks associated with volcanogenic submarine-exhalative ore deposits. *Mineral Deposita*; Vol. 16, pages 319 to 328.
- FYON, J.A. — CROCKET, J.C. — SCHWARCZ, H.P., 1983 — Timmins gold deposit types : characteristics and exploration criteria. McGill short courses; January 1981 and January 1983. IREM-MERI, 66 pages.
- GAGNON, J., 1985 — Travaux d'exploration 1984, propriété Cuvier-2, canton de Cuvier. Les Explorations Nord-Ouest ltée; rapport interne, mine Northgate inc., 7 pages.
- GEISTERFER, P., 1960 — Geological report on Norbeau Mines (Quebec) Limited. GM-10701, 39 pages.
- GOBEIL, A., 1973 — Demie sud du canton de Cuvier. Ministère des Richesses naturelles, Québec; rapport préliminaire, DP-201, 18 pages.
- \_\_\_\_\_ 1983 — Carte de compilation géoscientifique de la région de Chapais. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec.
- GOBEIL, A. — RACICOT, D., 1983 — Carte lithostratigraphique de la région de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 83-02.
- \_\_\_\_\_ 1984 — Chibougamau : histoire et minéralisations. *In Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization*. CIM; Special Vol. 34, pages 261 to 270. Edited by J. Guha and E.H. Chown.
- GRESENS, R.L., 1967 — Composition-volume relationships of metasomatism. *Chemical Geology*; Vol. 2, pages 47 to 65.
- GUHA, J., 1984 — Hydrothermal systems and correlation of mineral deposits in the Chibougamau mining district — an overview. *In Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization*. CIM; Special Vol. 34, pages 517 to 534. Edited by J. Guha and E.H. Chown.
- GUHA, J. — ARCHAMBAULT, G. — LEROY, J., 1983 — A correlation between the evolution of mineralizing fluids and the geomechanical development of a shear zone as illustrated by the Henderson 2 mine, Quebec. *Econ. Geol.*; Vol. 78, pages 1605 to 1618.
- GUHA, J. — DUBÉ, B. — PILOTE, P. — CHOWN, E.H. — ARCHAMBAULT, G. — BOUCHARD, G., (sous presse) — Gold mineralization patterns in relation to the lithologic and tectonic evolution of the Chibougamau mining district, Québec, Canada. *Mineralium Deposita*.

- HEINRICH, E.W., 1956 — Microscopic identification of minerals. McGraw-Hill; 414 pages.
- HYNES, A., 1980 — Carbonatization and mobility of Ti, Y and Zr in Ascot formation metabasalt SE Québec. *Contrib. Mineral. Petrol.*; Vol. 75, pages 79 to 87.
- IRVINE, T.N. — BARAGAR, W.R.A., 1971 — A guide to the classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*; Vol. 8, pages 523 to 548.
- KERRICH, R.S. — FYFE, W.S. — GORMAN, B.E. — ALLISON, I., 1977 — Local modifications of rock chemistry by deformation. *Contrib. Mineral. Petrol.*; Vol. 65, pages 183 to 190.
- KERRICH, R. — ALLISON, I. — BARNETT, R.L. — MOSS, S. — STARKEY, J., 1979 — Microstructural and chemical transformations accompanying deformation of granite in a shear zone at Miéville, Switzerland; with implications for stress corrosion cracking and superplastic flow. *Contrib. Mineral. Petrol.*; Vol. 73, pages 221 to 242.
- KUSMIRSKI, R.T.M. — CROCKET, J.H., 1980 — Metallogeny of the gold deposit in the Dickenson mine, Red Lake, north western Ontario, a preliminary report. *In Current Research, Part B, Geological Survey of Canada: Paper 80-1B*, pages 135 to 144.
- JENSEN, L.J., 1976 — A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Geological Survey; *Mis. Paper 66*, 22 pages.
- LAJTAI, E.Z., 1969 — Mechanics of second order fault and tension gashes. *Geological Society America Bulletin*; Vol. 80, pages 2253 to 2272.
- LAVERGNE, C., 1985 — Gîtes minéraux à tonnage évalué et production minérale du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 85-08, 77 pages.
- LAVOIE, J.S., 1972 — Geology of Opemiska Mines. Rapport interne, Falconbridge Copper Limited, Division Opemiska; 24 pages.
- LEGAULT, 1985 — Cartes non publiées des indices Bourbeau west, Chapais. Documents internes de la compagnie Minnova inc.
- MACDONALD, G.A. — KATSURA, T., 1964 — Chemical composition of Hawaiian lavas. *Journal of Petrology*; Vol. 5, pages 82 to 133.
- MALOUF, D., 1984 — La mine Norbeau. *Dans Chibougamau-Stratigraphie et Minéralisation, une ceinture archéenne unique. Édité par J. Guha et A. Gobeil, coordinateurs. Livret-guide du CIM*, pages 180 à 183.
- MALOUF, S.E., 1981 — Summary report on Norbeau Joint Ventures, McKenzie Townships, Chibougamau, Québec. Rapport interne.
- MANDL, G. — DEJONG, L.H.J. — MALTHA, A., 1977 — Shear zones in granular material. *Rock Mechanics*; Vol. 9, pages 95 to 144.
- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES DU QUÉBEC — MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DE L'ONTARIO, 1984 — Carte litho-stratigraphique de la sous-province de l'Abitibi; DV 83-16, carte 2484.
- NORANDA, 1986 — Analyses lithographiques du filon-couche de Bourbeau dans le canton de Richardson. Données internes, bureau de Chibougamau.
- PARK, C.F. — MacDIARMID, R.A., 1970 — Ore deposits. Freeman and Co., 522 pages.
- PEARCE, J.A. — CANN, J.R., 1971 — Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth and Planetary Science Letters*; Vol. 19, pages 290 to 300.
- PHILLIPS, G.N., 1986 — Geology and alteration in the Golden Mile, Kalgoorlie. *Economic Geology*; Vol. 81, pages 779 to 808.
- PILOTE, P., 1986 — Stratigraphie et signification des minéralisations dans le secteur du mont Bourbeau, canton de McKenzie, Chibougamau. Thèse de maîtrise. Université du Québec à Chicoutimi, 166 pages.
- PILOTE, P. — GUHA, J. — DIMROTH, E. — TREMBLAY, A. — GOBEIL, A., 1984 — Stratigraphic positions of mineralized occurrences in the Mount Bourbeau and Lac Berrigan regions and their significance. *In CIM; Special Vol. 34*, pages 288 to 299.
- POITRAS, A., 1984 — Caractérisation géochimique du complexe de Cummings, région de Chibougamau-Chapais, Québec. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, 159 pages.
- PROCHNAU, J.F., 1971 — Distribution and mode of occurrence of gold in the Chibougamau district, Quebec. Thèse de maîtrise, Université McGill, Montréal; 134 pages.
- RAMSAY, J.G., 1980 — Shear zone geometry: a review. *Journal of Structural Geology*; Vol. 2, No. 1-2, pages 83 to 99.
- SALMON, B. — COULOMBE, A. — OUELLET, A.J., 1984 — Structure, mineral distribution and wall-rock alteration of the No. 7 vein, Opemiska Copper Mine. *In Chibougamau-Stratigraphy and Mineralization. CIM; Special Vol. 34. Edited by J. Guha and E.H. Chown.*
- SAKHAROVA, M.S. — LOBACHEVA, I.K., 1967. — Electrochemical investigations of deposition of gold on sulphides (Russian). *Geol. rudn. mestorozhd*; No. 4.
- SIBSON, R.H., 1977 — Fault rocks and related mechanisms. *Journal Geological Society of London*; Vol. 133, pages 191 to 213.
- STOCKWELL, C.H., 1964 — Age determinations and geological studies. Geological Survey of Canada; Paper 641-17 (Part 2).
- STRECKEISEN, A., 1976 — To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*; Vol. 12, pages 1 to 33.
- TCHALENKO, J.S., 1968 — The evolution of kink bands and the development of compression textures in sheared clays. *Tectonophysics*; Vol. 6, pages 159 to 174.
- THIBOUTOT, H. — DUBÉ, B. — ARCHER, 1981 — Rapport géologique: Barlow 1-80. Explorations Noranda ltée; 16 pages.

VOKES, F.M., 1969 — A review of the metamorphism of sulphide deposits. *Earth Sci. Rev.*; 5, pages 99 to 143.

WRIGHT, T.L., 1974 — Presentation and interpretation of chemical data for igneous rocks. *Contribution to mineralogy and petrology*; Vol. 48, pages 233 to 248.

# **Annexe I**

**Composition minéralogique primaire  
de roches du filon-couche de Bourbeau  
(estimation visuelle)**

TABLEAU A — Roches ultramafiques

N° d'échantillon	Localisation (canton)	Pyroxène ouralitisé		Olivine (%)	Plagioclase saussuritisé (%)	Oxydes de fer (%)	Quartz (%)	Intercroissances granophyriques (%)	Autres (%)
		ortho. (%)	clino. (%)						
PB-452-85	Roy	5	94	-	1	-	-	-	-
ARE-35-2	Richardson	2	91	-	traces	7	-	-	-
PB-434-85	Cuvier	20	65	-	13	2	-	-	-
BA-79-01-712	Cuvier-Barlow	10	78	-	10	2	-	-	-
BA-79-01-577	Cuvier-Barlow	-	7	80	-	2	-	-	-
BA-79-01-497	Cuvier-Barlow	15	82	-	-	3	-	-	-

TABLEAU B — Leucogabbros

N° d'échantillon	Localisation (canton)	Pyroxène ouralitisé		Plagioclase saussuritisé (%)	Oxydes de fer (%)	Quartz (%)	Intercroissances granophyriques (%)	Autres (%)
		ortho. (%)	clino. (%)					
PB-449-85	Roy	-	25	64	7	4	-	-
PB-450-85	Roy	5	58	35	2	-	-	-
PB-451-85	Roy	1	62	35	2	-	-	-
JRW-41-8	Richardson	-	35	60	2	-	-	-
ARE-35-4	Richardson	-	40	58	2	-	-	-
ARE-35-1	Richardson	-	55	43	2	-	-	-
PB-432-85	Cuvier	5	40	53	1	-	-	-
PB-431-85	Cuvier	15	35	47	1	-	-	-
PB-433-85	Cuvier	10	45	43	2	-	-	-
BA-79-01-1347	Cuvier-Barlow	10	20	65	3	2	-	-
BA-79-01-999	Cuvier-Barlow	5	63	31	1	-	-	-

TABLEAU C — Ferrogabbros à quartz

N° d'échantillon	Localisation (canton)	Pyroxène ouralitisé		Plagioclase calci. sodi.		Titanomagnétite (%)	Quartz (%)	Intercroissances granophyriques (%)	Autres (%)
		ortho. (%)	clino. (%)	calci. (%)	sodi. (%)				
PB-446-85	Roy	-	5	-	73	2	10	10	-
PB-445-85	Roy	-	20	-	65	10	5	-	-
PB-447-85	Roy	-	49	40	-	10	1	-	-
PB-448-85	Roy	-	40	47	-	10	3	-	-
ARE-35-5	Richardson	-	47	-	40	7	5	1	-
PB-440-85	Cuvier	-	35	-	54	8	3	-	-
PB-438-85	Cuvier	-	45	-	44	6	3	2	-
PB-437-85	Cuvier	-	45	-	46	6	3	-	-
BA-79-16-400	Cuvier-Barlow	-	40	54	-	3	3	-	-
BA-79-16-200	Cuvier-Barlow	-	50	40	-	7	2	5	-
BA-79-01-1565	Cuvier-Barlow	-	40	46	-	7	5	2	-

TABLEAU D — Ferrodiorites à quartz—ferrodiorites granophyriques

N° d'échantillon	Localisation (canton)	Pyroxène — Amphibole (%)	Plagioclase calci. sodi.		Titanomagnétite (%)	Quartz (%)	Intercroissances granophyriques (%)	Autres (%)
			(%)	(%)				
PB-443-85	Roy	-	-	63	12	10	5	10
ARE-35-6	Richardson	35	-	43	7	10	5	-
PB-442-85	Cuvier	25	-	48	7	15	5	-
PB-441-85	Cuvier	25	-	57	7	8	3	-

# **Annexe II**

**Composition de différents minéraux  
déterminée à la microsonde électronique**

TABLEAU A — Carbonates

Analyse	Type de carbonate
<b>MINE COOKE</b>	
<b>A - Forage S-588 (échantillon BD-PB-748-85)</b>	
1A - $\text{CaCO}_3$	Calcite
1B - $\text{CaCO}_3$	Calcite
2A - $(\text{Fe}_{0,005}\text{Mn}_{0,0013}\text{Ca}_{0,99}\text{Mg}_{0,0003})\text{CO}_3$	Calcite
2B - $(\text{Fe}_{0,001}\text{Mn}_{0,001}\text{Ca}_{0,99})\text{CO}_3$	Calcite
<b>B - Forage U-9399 (échantillon BD-PB-313-85)</b>	
1A - $(\text{Fe}_{0,006}\text{Mn}_{0,002}\text{Ca}_{0,99}\text{Mg}_{0,001})\text{CO}_3$	Calcite
1B - $(\text{Fe}_{0,005}\text{Mn}_{0,002}\text{Ca}_{0,99})\text{CO}_3$	Calcite
2A - $(\text{Fe}_{0,015}\text{Mn}_{0,002}\text{Ca}_{0,97}\text{Mg}_{0,009})\text{CO}_3$	Calcite
2B - $(\text{Fe}_{0,03}\text{Mn}_{0,002}\text{Ca}_{0,95}\text{Mg}_{0,02})\text{CO}_3$	Calcite
<b>C - Forage U-15331</b>	
1A - $(\text{Fe}_{0,013}\text{Mn}_{0,013}\text{Ca}_{0,96}\text{Mg}_{0,01})\text{CO}_3$	Calcite
1B - $(\text{Fe}_{0,008}\text{Mn}_{0,007}\text{Ca}_{0,98}\text{Mg}_{0,003})\text{CO}_3$	Calcite
2 - $(\text{Fe}_{0,01}\text{Mn}_{0,01}\text{Ca}_{0,96}\text{Mg}_{0,01})\text{CO}_3$	Calcite

TABLEAU B — Carbonates du forage N-81-11

Analyse	Type de carbonate
<b>MINE NORBEAU</b>	
<b>A - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-471-86)</b>	
1A - $(\text{Fe}_{0,005}\text{Mn}_{0,009}\text{Ca}_{0,983})\text{CO}_3$	Calcite
1B - $(\text{Fe}_{0,004}\text{Mn}_{0,005}\text{Ca}_{0,987})\text{CO}_3$	Calcite
1C - $(\text{Fe}_{0,005}\text{Mn}_{0,005}\text{Ca}_{0,985}\text{Mg}_{0,002})\text{CO}_3$	Calcite
<b>B - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-472-86)</b>	
1 - $(\text{Fe}_{0,007}\text{Mn}_{0,007}\text{Ca}_{0,98}\text{Mg}_{0,002})\text{CO}_3$	Calcite
2 - $(\text{Fe}_{0,004}\text{Mn}_{0,004}\text{Ca}_{0,98}\text{Mg}_{0,001})\text{CO}_3$	Calcite
<b>C - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-476-86)</b>	
1A - $(\text{Fe}_{0,01}\text{Mn}_{0,02}\text{Ca}_{0,97}\text{Mg}_{0,003})\text{CO}_3$	Calcite
1B - $(\text{Fe}_{0,045}\text{Mn}_{0,02}\text{Ca}_{0,92})\text{CO}_3$	Calcite ferrifère
2 - $(\text{Fe}_{0,05}\text{Mn}_{0,01}\text{Ca}_{0,93}\text{Mg}_{0,01})\text{CO}_3$	Calcite ferrifère
<b>D - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-477-86)</b>	
1 - $(\text{Fe}_{0,025}\text{Mn}_{0,01}\text{Ca}_{0,95}\text{Mg}_{0,003})\text{CO}_3$	Calcite ferrifère
2 - $(\text{Fe}_{0,032}\text{Mn}_{0,016}\text{Ca}_{0,94}\text{Mg}_{0,006})\text{CO}_3$	Calcite ferrifère
<b>E - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-480-86)</b>	
1A - $(\text{Fe}_{0,03}\text{Mn}_{0,01}\text{Ca}_{0,95}\text{Mg}_{0,005})\text{CO}_3$	Calcite ferrifère
1B - $(\text{Fe}_{0,01}\text{Mn}_{0,01}\text{Ca}_{0,98})\text{CO}_3$	Calcite
<b>F - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-488-86)</b>	
A - $(\text{Fe}_{0,08}\text{Mn}_{0,024}\text{Ca}_{0,87}\text{Mg}_{0,008})\text{CO}_3$	Calcite ferrifère
B - $(\text{Fe}_{0,013}\text{Mn}_{0,01}\text{Ca}_{0,97}\text{Mg}_{0,002})\text{CO}_3$	Calcite

TABLEAU C — Chlorites

Analyse	Rapport Fe/(Fe+Mg)
<b>MINE NORBEAU</b>	
<b>A - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-471-86)</b>	
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{3,01}\text{Mg}_{1,26}\text{Al}_{1,41}\text{Ca}_{0,01}\text{Mn}_{0,04}\text{Na}_{0,004})_{5,73}\text{OH}_{8,16}\text{O}_{9,84}$	0,70
<b>B - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-472-86)</b>	
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{3,38}\text{Mg}_{0,17}\text{Al}_{1,43}\text{Ca}_{0,04}\text{Ti}_{0,01}\text{Mn}_{0,04})_{5,07}\text{OH}_{9,70}\text{O}_{8,3}$	0,95
<b>C - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-476-86)</b>	
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{3,38}\text{Mg}_{0,98}\text{Al}_{0,99}\text{Ti}_{0,01}\text{Mn}_{0,026}\text{Ca}_{0,009})\text{OH}_{9,88}\text{O}_{8,12}$	0,78
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{3,39}\text{Mg}_{0,95}\text{Al}_{1,13}\text{Ti}_{0,007}\text{Mn}_{0,026}\text{Ca}_{0,007})_{5,51}\text{OH}_{9,40}\text{O}_{8,6}$	0,78
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{3,35}\text{Mg}_{0,95}\text{Al}_{1,12}\text{Ti}_{0,005}\text{Mn}_{0,03}\text{Ca}_{0,007})_{5,47}\text{OH}_{9,5}\text{O}_{8,5}$	0,78
<b>D - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-477-86)</b>	
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{3,67}\text{Mg}_{0,80}\text{Al}_{0,83}\text{Ti}_{0,004}\text{Mn}_{0,04}\text{Ca}_{0,03})_{5,37}\text{OH}_{9,20}\text{O}_{8,8}$	0,82
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{3,64}\text{Mg}_{0,90}\text{Al}_{1,17}\text{Ti}_{0,005}\text{Mn}_{0,04}\text{Na}_{0,004}\text{Ca}_{0,03})_{5,79}\text{OH}_{8,76}\text{O}_{9,24}$	0,80

TABLEAU C — Chlorites (suite)

Analyse	Rapport Fe/(Fe+Mg)
<b>MINE NORBEAU</b>	
<b>E - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-518b-85)</b>	
(SiAl) <sub>4</sub> (Fe <sub>2,96</sub> Mg <sub>1,61</sub> Al <sub>1,12</sub> Ti <sub>0,006</sub> Mn <sub>0,03</sub> Na <sub>0,004</sub> Ca <sub>0,026</sub> ) <sub>5,76</sub> OH <sub>5,76</sub> O <sub>9,22</sub>	0,65
(SiAl) <sub>4</sub> (Fe <sub>2,91</sub> Mg <sub>1,75</sub> Al <sub>1,70</sub> Ti <sub>0,02</sub> Mn <sub>0,03</sub> Ca <sub>0,02</sub> ) <sub>5,82</sub> OH <sub>8,66</sub> O <sub>9,34</sub>	0,62
<b>F - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-521-85)</b>	
(SiAl) <sub>4</sub> (Fe <sub>3,59</sub> Mg <sub>0,74</sub> Al <sub>1,12</sub> Ti <sub>0,005</sub> Mn <sub>0,003</sub> Ca <sub>0,01</sub> ) <sub>5,50</sub> OH <sub>9,48</sub> O <sub>8,52</sub>	0,83
<b>G - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-523-85)</b>	
(SiAl) <sub>4</sub> (Fe <sub>3,35</sub> Mg <sub>1,03</sub> Al <sub>1,31</sub> Mn <sub>0,03</sub> Na <sub>0,24</sub> Ca <sub>0,007</sub> ) <sub>5,97</sub> OH <sub>8,16</sub> O <sub>9,84</sub>	0,76

TABLEAU D — Séricites

Analyse	
<b>MINE NORBEAU</b>	
<b>A - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-480-86)</b>	
(SiAl) <sub>8</sub> (Al <sub>3,84</sub> K <sub>1,92</sub> Fe <sub>0,11</sub> Mg <sub>0,1</sub> Na <sub>0,03</sub> ) <sub>5,8</sub> OH <sub>4,26</sub> O <sub>19,74</sub>	
<b>B - Forage N-81-11 (échantillon BD-PB-488-86)</b>	
(SiAl) <sub>8</sub> (Al <sub>3,37</sub> K <sub>1,92</sub> Fe <sub>0,24</sub> Mg <sub>0,16</sub> Na <sub>0,08</sub> ) <sub>5,77</sub> OH <sub>4,76</sub> O <sub>19,22</sub>	
<b>C - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-520A-85)</b>	
(SiAl) <sub>8</sub> (Al <sub>3,62</sub> K <sub>1,82</sub> Fe <sub>0,11</sub> Mg <sub>0,05</sub> Na <sub>0,16</sub> ) <sub>5,16</sub> OH <sub>4,56</sub> O <sub>19,44</sub>	
(SiAl) <sub>8</sub> (Al <sub>3,54</sub> K <sub>1,78</sub> Fe <sub>0,05</sub> Mg <sub>0,008</sub> Na <sub>0,16</sub> ) <sub>5,54</sub> OH <sub>5,18</sub> O <sub>18,82</sub>	

TABLEAU E — Carbonates de la coupe New Vein

Analyse	Type de carbonate
<b>MINE NORBEAU</b>	
<b>A - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-518-85)</b>	
1A - (Fe <sub>0,03</sub> Mn <sub>0,014</sub> Ca <sub>0,95</sub> Mg <sub>0,009</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
1B - Ca(Fe <sub>0,44</sub> Mg <sub>0,48</sub> Mn <sub>0,08</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ankérîte
2A - (Fe <sub>0,014</sub> Mn <sub>0,015</sub> Ca <sub>0,96</sub> Mg <sub>0,003</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
2B - (Fe <sub>0,02</sub> Mn <sub>0,001</sub> Ca <sub>0,97</sub> Mg <sub>0,006</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
<b>B - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-520A-85)</b>	
1A - Ca(Fe <sub>0,70</sub> Mg <sub>0,29</sub> Mn <sub>0,008</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ferro-ankérîte
1B - Ca(Fe <sub>0,64</sub> Mg <sub>0,36</sub> Mn <sub>0,01</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ferro-ankérîte
2 - Ca(Fe <sub>0,67</sub> Mg <sub>0,33</sub> Mn <sub>0,006</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ferro-ankérîte
<b>C - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-521-85)</b>	
1 - Ca(Fe <sub>0,74</sub> Mg <sub>0,25</sub> Mn <sub>0,01</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ferro-ankérîte
2 - Ca(Fe <sub>0,76</sub> Mg <sub>0,22</sub> Mn <sub>0,22</sub> )(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ferro-ankérîte
<b>D - Coupe New Vein (échantillon BD-PB-523-85)</b>	
1A - (Fe <sub>0,003</sub> Mn <sub>0,01</sub> Ca <sub>0,98</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
1B - (Fe <sub>0,015</sub> Mn <sub>0,014</sub> Ca <sub>0,96</sub> Mg <sub>0,004</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
2A - (Fe <sub>0,008</sub> Mn <sub>0,01</sub> Ca <sub>0,97</sub> Mg <sub>0,007</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
2B - (Fe <sub>0,003</sub> Mn <sub>0,008</sub> Ca <sub>0,99</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite

TABLEAU F — Carbonates et chlorites de certains indices aurifères

Analyse	Type de carbonate
<b>A - Indice Chibougamau Copper (échantillon BD-PB-649-85)</b>	
2A - (Fe <sub>0,001</sub> Mn <sub>0,006</sub> Ca <sub>0,99</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
2B - (Fe <sub>0,006</sub> Mn <sub>0,006</sub> Ca <sub>0,98</sub> Mg <sub>0,003</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
<b>B - Indice Bourbeau west-1 (échantillon MY-PB-26-86)</b>	
1 - (Fe <sub>0,01</sub> Mn <sub>0,008</sub> Ca <sub>0,97</sub> Mg <sub>0,009</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite
2 - (Fe <sub>0,008</sub> Mn <sub>0,01</sub> Ca <sub>0,97</sub> Mg <sub>0,007</sub> )CO <sub>3</sub>	Calcite

TABLEAU F — Carbonates et chlorites de certains indices aurifères (suite)

Analyse	Type de carbonate
<b>C - Bourbeau west-2 (échantillon BD-PB-685-86)</b>	
1A - $(\text{Mn}_{0,004}\text{Ca}_{0,99})\text{CO}_3$	Calcite
1B - $\text{CaCO}_3$	Calcite
2A - $(\text{Fe}_{0,004}\text{Mn}_{0,002}\text{Ca}_1)\text{CO}_3$	Calcite
2B - $(\text{Fe}_{0,003}\text{Mn}_{0,003}\text{Ca}_{0,99}\text{Mg}_{0,008})\text{CO}_3$	Calcite
<b>D - Bourbeau west-2 (échantillon BD-PB-686A-86)</b>	
A - $(\text{Fe}_{0,003}\text{Mn}_{0,01}\text{Ca}_{0,98}\text{Mg}_{0,002})\text{CO}_3$	Calcite
B - $(\text{Fe}_{0,014}\text{Mn}_{0,009}\text{Ca}_{0,97}\text{Mg}_{0,009})\text{CO}_3$	Calcite
<b>E - Bourbeau west-2 (échantillon BD-PB-86-86)</b>	
1 - $\text{Ca}(\text{Fe}_{0,44}\text{Mg}_{0,54}\text{Mn}_{0,012})(\text{CO}_3)_2$	Ankérite
2 - $\text{Ca}(\text{Fe}_{0,34}\text{Mg}_{0,60}\text{Mn}_{0,04})(\text{CO}_3)_2$	Ankérite
<b>F - Du ruisseau Leclerc (échantillon BD-PB-06-86)</b>	
1A - $\text{Ca}(\text{Fe}_{0,44}\text{Mg}_{0,52}\text{Mn}_{0,016})(\text{CO}_3)_2$	Ankérite
1B - $\text{Ca}(\text{Fe}_{0,40}\text{Mg}_{0,60}\text{Mn}_{0,016})(\text{CO}_3)_2$	Ankérite
2A - $\text{Ca}(\text{Fe}_{0,36}\text{Mg}_{0,64}\text{Mn}_{0,02})(\text{CO}_3)_2$	Ankérite

TABLEAU G — Chlorites de certains indices aurifères

Analyse	Rapport Fe/(Fe+Mg)
<b>A - Indice Chibougamau Copper (échantillon BD-PB-649-86)</b>	
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{2,34}\text{Mg}_{2,12}\text{Al}_{1,04}\text{Ti}_{0,003}\text{Mn}_{0,06}\text{Ca}_{0,006})_{5,57}\text{OH}_{9,34}\text{O}_{8,66}$	0,52
<b>B - Indice Bourbeau west-1 (échantillon MY-PB-26-86)</b>	
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{2,14}\text{Mg}_{2,17}\text{Al}_{1,33}\text{Ti}_{0,004}\text{Mn}_{0,001}\text{Ca}_{0,012})_{5,68}\text{OH}_{8,78}\text{O}_{9,22}$	0,50
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{2,11}\text{Mg}_{2,15}\text{Al}_{1,33}\text{Ti}_{0,033}\text{Mn}_{0,006}\text{Na}_{0,002}\text{Ca}_{0,02})_{5,62}\text{OH}_{9,04}\text{O}_{9,96}$	0,54
<b>C - Indice Bourbeau west-2 (échantillon BD-PB-86-86)</b>	
$(\text{SiAl})_4(\text{Fe}_{2,28}\text{Mg}_{2,06}\text{Al}_{1,45}\text{Ti}_{0,005}\text{Mn}_{0,02}\text{Ca}_{0,02})_{5,84}\text{OH}_{8,38}\text{O}_{9,62}$	0,53

TABLEAU H — Fuchsite de l'échantillon BD-PB-102-86 de l'indice Bourbeau west-1

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	FeO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Total
44,83	34,90	7,52	0,72	0,61	0,18	2,38	8,85	100
(% du poids)								
$(\text{SiAl})_8(\text{Al}_{2,82}\text{K}_{1,22}\text{Fe}_{0,08}\text{Mg}_{0,15}\text{Cr}_{0,032}\text{Na}_{0,60})\text{OH}_{7,44}\text{O}_{16,56}$								

# **Annexe III**

## **Résultats d'analyse des roches de la région étudiée**

Dans les pages qui suivent, nous présentons les résultats d'analyse des roches de la région étudiée. Les techniques d'analyse sont signalées dans les tableaux qui suivent. Tous les échantillons dont les numéros se terminent par 85, comme par exemple BD-PB-1-85, ont été analysés par le laboratoire Bondar-Clegg d'Ottawa. Quant à toutes les analyses des échantillons qui se terminent par 86, elles ont été données à contrat chez Nuclear Activation Services Ltd (NAS) de Hamilton, Ontario. La majorité des éléments traces y furent analysés. Les éléments majeurs et les autres éléments traces (Ba, Nb, Rb, Sr, Y et Zr) furent analysés au laboratoire X-Ray Assay Laboratories Ltd de Don Mills, Ontario. Il est à noter que tous les échantillons ont été broyés à l'aide d'un broyeur à agate, éliminant ainsi la possibilité de contamination.

TABLEAU I — Techniques d'analyse utilisées par Bondar-Clegg

Constituant	Limite de détection	Technique d'analyse
SiO <sub>2</sub>	0,01%	D.C. Plasma
TiO <sub>2</sub>	0,01%	D.C. Plasma
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01%	D.C. Plasma
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01%	D.C. Plasma
MnO	0,01%	D.C. Plasma
MgO	0,01%	D.C. Plasma
CaO	0,01%	D.C. Plasma
Na <sub>2</sub> O	0,01%	D.C. Plasma
K <sub>2</sub> O	0,01%	D.C. Plasma
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01%	D.C. Plasma
PAF(perte au feu)	0,01%	gravimétrique
Somme	0,01%	
FeO (fer ferreux)	0,01%	titramétrique
CO <sub>2</sub>	0,01%	gravimétrique
H <sub>2</sub> O	0,01%	gravimétrique
S (soufre)	0,01%	gravimétrique
V (vanadium)	1 ppm	D.C. Plasma
Cr (chrome)	1 ppm	D.C. Plasma
Mn (manganèse)	1 ppm	D.C. Plasma
Fe (fer)	0,1%	D.C. Plasma
Co (cobalt)	1 ppm	D.C. Plasma
Ni (nickel)	1 ppm	D.C. Plasma
Cu (cuivre)	1 ppm	D.C. Plasma
Zn (zinc)	1 ppm	D.C. Plasma
As (arsenic)	5 ppm	D.C. Plasma
Se (sélénium)	5 ppm	D.C. Plasma
Mo (molybdène)	1 ppm	D.C. Plasma
Ag (argent)	0,5 ppm	D.C. Plasma
Cd (cadmium)	1 ppm	D.C. Plasma
Sn (étain)	10 ppm	D.C. Plasma
Sb (antimoine)	5 ppm	D.C. Plasma
Te (tellurium)	10 ppm	D.C. Plasma
W (tungstène)	10 ppm	D.C. Plasma
Pb (plomb)	5 ppm	D.C. Plasma
Bi (bismuth)	2 ppm	D.C. Plasma
U (uranium)	10 ppm	D.C. Plasma
Zr (zirconium)	1 ppm	Fluorescence-X
Rb (rubidium)	1 ppm	Fluorescence-X
Sr (strontium)	1 ppm	Fluorescence-X
Ti (titanium)	0,01%	Fluorescence-X
Y (yttrium)	1 ppm	Fluorescence-X
Au (or)	1 ppb	Essai pyrognostique et activation neutronique

TABLEAU II — Techniques d'analyse utilisées par N.A.S. et X-Ray Lab.

Constituant	Limite de détection	Technique d'analyse
SiO <sub>2</sub>	0,01%	Fluorescence-X
TiO <sub>2</sub>	0,01%	Fluorescence-X
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01%	Fluorescence-X
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01%	Fluorescence-X
MnO	0,02%	D.C. Plasma
MgO	0,01%	Fluorescence-X
CaO	0,01%	Fluorescence-X
Na <sub>2</sub> O	0,01%	Fluorescence-X
K <sub>2</sub> O	0,01%	Fluorescence-X
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01%	Fluorescence-X
PAF(perte au feu)	0,50%	Fluorescence-X
Somme	0,10%	
FeO (fer ferreux)	0,01%	Wet
CO <sub>2</sub>	0,01%	Wet
H <sub>2</sub> O	0,01%	Wet
S (soufre)	0,01%	Wet
V (vanadium)	10 ppm	D.C. Plasma
Cr (chrome)	2 ppm	Activation neutronique
Co (cobalt)	1 ppm	Activation neutronique
Ni (nickel)	1 ppm	D.C. Plasma
Cu (cuivre)	0,5 ppm	D.C. Plasma
Zn (zinc)	0,5 ppm	D.C. Plasma
As (arsenic)	2 ppm	Activation neutronique
Se (sélénium)	3 ppm	Activation neutronique

TABLEAU II — Techniques d'analyse utilisées par N.A.S. et X-Ray Lab. (suite)

Constituant	Limite de détection	Technique d'analyse
Mo (molybdène)	5 ppm	Activation neutronique
Ag (argent)	0,5 ppm	D.C. Plasma
Cd (cadmium)	0,2 ppm	D.C. Plasma
Sb (antimoine)	0,2 ppm	Activation neutronique
W (tungstène)	3 ppm	Activation neutronique
Pb (plomb)	2 ppm	D.C. Plasma
Bi (bismuth)	0,5 ppm	D.C. Plasma
U (uranium)	0,5 ppm	D.C. Plasma
Zr (zirconium)	20 ppm	Fluorescence-X
Rb (rubidium)	20 ppm	Fluorescence-X
Sr (strontium)	20 ppm	Fluorescence-X
Y (yttrium)	20 ppm	Fluorescence-X
Au (or)	1 ppb	Essai pyrognostique et activation neutronique
Ge (germanium)	10 ppm	D.C. Plasma
Hf (hafnium)	0,5 ppm	Activation neutronique
La (lanthanum)	0,5 ppm	Activation neutronique
Ce (cérium)	3 ppm	Activation neutronique
Sc (scandium)	0,05 ppm	Activation neutronique
Nd (néodyme)	5 ppm	Activation neutronique
Sm (samarium)	0,10 ppm	Activation neutronique
Eu (europium)	0,20 ppm	Activation neutronique
Yb (ytterbium)	0,20 ppm	Activation neutronique
Lu (lutécium)	0,05 ppm	Activation neutronique
B (bore)	0,5 ppm	Activation neutronique

TABLEAU III — Analyse du standard SY-3 de la Commission géologique du Canada par N.A.S. et par X Ray Lab.

	SY-3*	BD-PB-926-86**	BD-PB-700-86**
Éléments majeurs (% du poids)			
SiO <sub>2</sub>	59,68	58,4	59,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,80	11,5	11,7
TiO <sub>2</sub>	0,15	0,15	0,16
Fer total	6,20	6,20	6,36
FeO	-	-	-
MnO	0,32	0,32	0,33
MgO	2,67	2,64	2,68
CaO	8,26	8,07	8,27
Na <sub>2</sub> O	4,15	4,09	3,78
K <sub>2</sub> O	4,20	4,41	4,35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,54	0,51	0,51
CO <sub>2</sub>	0,38	0,38	0,39
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,42	0,30	0,50
S	0,005	0,00	0,00
F	0,66	-	-
Autres	1,18 ?	-	-
Perte au feu	-	1,47	1,3
Total	100,48 ?	98,0	99,1
Éléments traces métalliques (ppm)			
Cu	16	15	26
Zn	240	320	290
As	20	12	13
Mo	2,5 ?	-	1300
Ag	-	<0,5	<0,5
Pb	130	120	110
Au (ppb)	-	1	<1
Éléments traces (ppm)			
B	110	130	130
Ba	430	470	440
Be	22	20	20
Bi	-	<0,5	<0,5
Br	-	<5	<1
Cd	-	<0,2	<0,2
Co	12	9	25
Cr	10	20	20
Cs	2,5 ?	12,6	<0,5
Ge	-	<10	10

\* Commission géologique du Canada

\*\* N.A.S. et X-Ray Lab.

TABLEAU III — Analyse du standard SY-3 de la Commission géologique du Canada par N.A.S. et par X Ray Lab. (suite)

	SY-3*	Bd-PB-926-86**	Bd-PB-700-86**
Éléments traces (ppm)			
Hf	9 ?	13	9
Li	92	80	80
Nb	130	70	80
Ni	11	13	12
Rb	208	270	280
Sb	0,3	<1,0	2,7
Sc	7 ?	6,6	9,5
Se	-	<4	<50
Sr	306	310	310
Ta	-	25	<1
Th	990	1000	1100
U	650	690	876
V	51	60	60
W	-	<10	<21
Y	740	710	720
Zr	320	360	360
Terres rares (ppm)			
La	1350	1400	1850
Ce	2200	2300	2680
Nd	800 ?	680	753
Sm	100 ?	92,0	152
Eu	14 ?	14,0	21,8
Yb	65	58,0	74,7
Lu	8 ?	8,90	17,0

\* Commission géologique du Canada

\*\* N.A.S. et X-Ray Lab.

TABLEAU IV — Analyse du standard JC-84-3

	JC-84-3*	JC-84-3**	JC-84-3**	JC-84-3**	JC-84-3*
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	46,9	46,70	48,30	48,50	47,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,3	15,90	16,10	15,80	16,8
TiO <sub>2</sub>	1,14	1,08	1,18	1,08	1,15
Fer total	10,1	9,68	10,20	9,68	10,4
FeO	5,8	5,06	5,47	5,87	-
MnO	0,18	0,17	0,18	0,17	0,18
MgO	8,23	7,98	8,59	7,89	8,07
CaO	8,40	8,86	8,58	7,91	8,58
Na <sub>2</sub> O	3,11	3,15	3,27	3,00	2,77
K <sub>2</sub> O	1,08	0,96	1,00	0,97	1,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,31	0,31	0,24	0,38	0,31
Perte au feu	3,39	3,25	2,70	2,10	3,16
Total	99,3	98,04	100,34	97,48	100,05
CO <sub>2</sub>	0,21	0,32	0,38	0,57	0,22
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,0	0,5	0,20	0,10	2,8
S	0,00	0,07	0,08	<0,01	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	14	29	13	12	-
Zn	110	111	103	92	-
As	<2	<5	<5	<5	-
Mo	<5	1	2	<1	-
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-
Pb	<2	44	36	19	-
Au (ppb)	<1	13	4	3	-
Éléments traces					
B	38	-	-	-	-
Ba	230	-	-	-	190
Be	<10	-	-	-	-
Bi	<0,5	<2	<2	<2	-
Br	<1	-	-	-	-
Cd	<0,2	<1	<1	<1	-
Co	20	25	22	20	-
Cr	210	281	250	219	200

\* N.A.S. et X-Ray Lab.

\*\* Bondar-Clegg

TABLEAU IV — Analyse du standard JC-84-3 (suite)

	JC-84-3*	JC-84-3**	JC-84-3**	JC-84-3**	JC-84-3*
Éléments traces (ppm)					
Cs	2,9	-	-	-	-
Ge	<10	-	-	-	-
Hf	1	-	-	-	-
Li	10	-	-	-	-
Nb	30	-	-	-	-
Ni	200	217	188	178	-
Rb	50	23	24	27	40
Sb	<0,2	36	<5	<5	-
Sc	26,8	-	-	-	-
Se	<3	<5	<5	<5	-
Sr	390	333	355	337	400
Ta	<1	-	-	-	-
Th	0,9	-	-	-	-
U	<0,5	<10	<10	<10	-
V	240	248	206	210	-
W	<3	<10	<10	<10	-
Y	10	18	17	13	10
Zr	40	76	61	69	50
Sn	-	<10	<10	<10	-
Te	-	<10	<10	<10	-
Terres rares (ppm)					
La	19,0	-	-	-	-
Ce	41	-	-	-	-
Nd	21	-	-	-	-
Sm	4,1	-	-	-	-
Eu	1,5	-	-	-	-
Yb	0,9	-	-	-	-
Lu	0,19	-	-	-	-
Ti (% du poids)	-	0,70	0,69	0,69	-
Fe (% du poids)	-	6,8	6,0	6,1	-

\* N.A.S. et X-Ray Lab.

\*\* Bondar-Clegg

TABLEAU A-1 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage S-589 à la mine Cooke

	BD-PB-14-85* Pyroxénite**	BD-PB-29-85 Leucogabbro	BD-PB-57-85 Leucogabbro	BD-PB-80-85 Leucogabbro	BD-PB-87-85 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-103-85 Ferrogabbro à quartz
	240,5 m***	294,0 m	357,5 m	416,2 m	440,4 m	470,3 m
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	43,0	49,60	50,20	51,30	52,80	50,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,58	14,70	15,70	15,80	15,20	13,40
TiO <sub>2</sub>	0,78	0,63	0,66	0,95	1,79	0,71
Fer total	15,70	11,80	11,80	12,40	10,40	10,60
FeO	12,10	8,44	8,31	8,58	7,21	10,29
MnO	0,29	0,23	0,23	0,28	0,30	0,23
MgO	16,70	8,59	7,90	6,36	5,14	7,81
CaO	8,80	8,85	10,20	8,92	6,67	10,30
Na <sub>2</sub> O	0,38	2,89	2,36	3,66	4,49	3,10
K <sub>2</sub> O	0,12	0,69	1,17	0,82	1,09	0,44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	<0,01
Perte au feu	4,60	1,40	1,20	0,85	0,95	0,35
Total	98,02	99,37	101,43	101,34	98,93	97,24
CO <sub>2</sub>	1,98	0,50	0,52	0,34	0,28	0,18
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,15	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15
S	0,16	0,07	0,01	0,07	<0,01	<0,01
Fe	11,0	7,4	8,3	7,6	7,3	7,4
Ti	0,40	0,43	0,40	0,59	0,92	1,27
Éléments traces (ppm)						
V	169	171	213	376	269	532
Cr	1823	747	354	32	69	31
Mn	2837	1854	2098	2541	2381	2270
Co	99	46	47	43	47	53
Ni	616	178	128	55	78	44
Se	<5	<5	<5	7	<5	<5
Cd	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	14	15	20	10	7	12
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	5	22	42	18	38	15
Sr	22	164	144	198	243	211
Zr	47	39	33	52	103	105
Y	20	17	19	26	32	53
B	15,0	15,0	27,0	20,0	47,0	44,0
Sc	-	41,5	45,0	49,3	-	-
Hf	-	1,3	0,9	1,3	-	-
Cu	<1	<1	<1	10	199	5
Zn	111	82	107	92	133	138
As	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Mo	5	3	5	3	3	5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	37	21	24	18	18	25
Au (ppb)	55	33	16	14	9	9

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-2 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage S-588 à la mine Cooke

	BD-PB-736-85* Leucogabbro**	BD-PB-739-85 Leucogabbro	BD-PB-741-85 Leucogabbro	BD-PB-743-85 Veine de quartz	BD-PB-744-85 Leucogabbro
	112,9 m***	117,2 m	119,2 m	120,1 m	120,9 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	48,10	48,70	40,10	62,70	40,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,60	14,20	17,30	7,89	16,40
TiO <sub>2</sub>	0,67	0,56	0,77	0,16	0,77
Fer total	10,70	10,70	15,40	15,50	20,80
FeO	N.D.	8,56	13,09	9,53	18,85
MnO	0,20	0,20	0,19	0,10	0,22
MgO	9,04	7,76	9,37	4,30	8,44
CaO	11,20	9,58	6,54	1,52	2,22
Na <sub>2</sub> O	2,10	3,13	3,67	0,55	1,73
K <sub>2</sub> O	0,32	0,48	0,25	0,21	0,64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,27	0,31	0,07	0,06
Perte au feu	2,00	1,90	4,50	4,45	5,90
Total	98,15	97,49	98,40	97,45	99,48
CO <sub>2</sub>	1,64	1,62	4,20	1,28	1,42
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,15	<0,05	0,05	0,10	<0,05
S	0,06	0,06	0,03	2,29	0,05
Fe	6,5	7,6	9,2	11,6	14,9
Ti	0,39	0,34	0,49	0,10	0,51
Éléments traces (ppm)					
V	191	158	196	66	181
Cr	749	844	890	92	639
Mn	2207	2257	1944	1081	2563
Co	54	53	59	920	73
Ni	167	170	193	120	134
Se	<5	<5	<5	14	<5
Cd	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	42	<10
Sb	<5	<5	<5	<5	<5
Te	<10	<10	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	19	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	8	17	10	8	21
Sr	158	152	34	12	15
Zr	30	35	45	26	34
Y	18	23	24	7	11
B	N.D.	19,0	9,9	5,1	N.D.
Sc	-	41,8	51,7	-	43,6
Hf	-	0,6	1,4	-	-
Cu	43	31	10	6680	73
Zn	122	116	104	156	131
As	15	18	17	<2000	206
Mo	4	2	2	135	5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	4,6	<0,5
Pb	54	58	75	113	87
Au (ppb)	4	4	8	4560	45

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-2 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage S-588 à la mine Cooke (suite)

	BD-PB-745-85* Leucogabbro** 122,2 m***	BD-PB-746-86 Veine minéralisée 123,0 m	BD-PB-747-86 Leucogabbro 123,7 m	BD-PB-748-86 Veine minéralisée 124,6 m	BD-PB-749-86 Leucogabbro 125,4 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	45,10	33,50	35,20	36,60	36,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,80	4,66	15,90	7,21	17,30
TiO <sub>2</sub>	0,64	0,14	0,67	0,33	0,87
Fer total	19,50	33,43	33,90	32,40	27,70
FeO	16,49	13,27	N.D.	20,71	21,38
MnO	0,18	0,06	0,29	0,11	0,26
MgO	7,95	2,16	8,18	3,29	6,76
CaO	2,34	2,08	0,88	3,20	1,90
Na <sub>2</sub> O	2,10	0,15	0,04	0,34	0,33
K <sub>2</sub> O	0,23	0,07	0,08	0,11	0,99
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,22	0,35	0,03	0,12	0,12
Perte au feu	4,30	8,25	6,35	7,10	5,65
Total	97,36	84,85	101,53	90,81	98,08
CO <sub>2</sub>	1,64	1,48	0,51	2,84	1,82
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,05	0,10	0,15	0,20	0,05
S	0,03	15,66	0,06	N.D.	10,20
Fe	12,3	22,1	20,7	22,3	17,4
Ti	0,47	0,08	0,29	0,16	0,40
Éléments traces (ppm)					
V	183	98	223	113	223
Cr	593	81	456	152	600
Mn	2369	600	3475	1025	3544
Co	72	2940	80	8210	166
Ni	123	260	66	494	107
Se	15	25	<5	<5	<5
Cd	<1	2	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	15	15	<5	11	6
Te	<10	27	25	26	18
W	<10	<10	12	<10	12
Bi	<2	92	16	43	7
U	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	6	3	<1	3	36
Sr	16	4	12	14	11
Zr	33	<1	28	15	39
Y	10	5	11	8	14
B	8,1	7,9	N.D.	6,4	17,0
Sc	40,4	-	49,7	-	40,0
Hf	0,8	-	-	-	1,1
Cu	44	>20000	1410	13300	329
Zn	121	1312	217	220	173
As	197	>200	339	>2000	825
Mo	4	225	6	6	4
Ag	0,5	>100	2,0	14,8	1,2
Pb	72	68	115	96	93
Au (ppb)	59	16700	355	8930	122

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-2 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage S-588 à la mine Cooke (suite)

	BD-PB-750-85* Leucogabbro**	BD-PB-751-85 Leucogabbro	BD-PB-755-85 Leucogabbro	BD-PB-756-85 Leucogabbro	BD-PB-757-85 Leucogabbro
	126,6 m***	128,1 m	131,4 m	132,6 m	134,4 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	42,50	43,10	50,00	48,50	47,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,90	16,50	12,80	14,70	16,00
TiO <sub>2</sub>	0,85	0,83	0,73	0,62	0,62
Fer total	13,90	10,20	12,30	11,40	10,90
FeO	10,48	7,81	9,15	8,04	11,09
MnO	0,19	0,17	0,28	0,27	0,26
MgO	5,34	4,87	9,22	8,22	8,41
CaO	7,94	8,42	7,45	8,27	8,92
Na <sub>2</sub> O	3,25	2,59	3,46	2,34	2,39
K <sub>2</sub> O	1,00	2,28	0,95	1,37	0,87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,21	0,20	0,32	0,12
Perte au feu	7,00	8,05	2,65	2,90	1,55
Total	98,05	97,21	100,05	98,91	97,84
CO <sub>2</sub>	6,54	5,46	0,82	0,86	0,58
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	0,10	0,20	0,15	0,20
S	0,30	0,11	0,07	0,08	0,08
Fe	6,9	6,4	7,5	7,1	6,6
Ti	0,39	0,38	0,37	0,37	0,41
Éléments traces (ppm)					
V	215	225	196	178	165
Cr	525	461	650	674	530
Mn	1860	1602	2611	2693	2187
Co	92	48	60	55	46
Ni	143	107	159	160	147
Se	<5	<5	<5	<5	<5
Cd	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	8	<5	<5
Te	<10	<10	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	48	122	29	54	33
Sr	44	39	115	136	149
Zr	43	45	36	32	39
Y	21	18	24	19	19
B	19,0	44,0	13,0	20,0	15,0
Sc	46,0	47,4	41,1	40,6	42,2
Hf	1,3	1,8	1,0	0,7	1,3
Cu	195	101	156	81	89
Zn	86	91	132	119	117
As	242	99	59	36	12
Mo	2	1	3	3	<1
Ag	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	51	38	42	41	20
Au (ppb)	57	21	28	16	83

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-3 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage U-9399 à la mine Cooke

	BD-PB-276-85* Leucogabbro** 80,3 m***	BD-PB-280-85 Porphyre feldspathique 82,4 m	BD-PB-282-85 Leucogabbro 83,5 m	BD-PB-283-85 Veine de plagioclase 84,0 m	BD-PB-285-85 Leucogabbro 85,0 m	BD-PB-286-85 Porphyre feldspathique 85,7 m
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	49,60	52,80	47,70	45,10	46,60	48,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,20	13,00	16,00	16,10	18,50	16,80
TiO <sub>2</sub>	0,60	0,68	0,68	0,31	0,86	0,73
Fer total	12,10	11,20	11,20	11,90	15,30	12,40
FeO	8,88	8,23	8,03	N.D.	11,68	9,12
MnO	0,25	0,22	0,19	0,36	0,21	0,17
MgO	7,75	8,48	8,41	5,66	7,15	6,40
CaO	7,90	6,55	8,59	8,09	2,14	4,82
Na <sub>2</sub> O	2,93	3,95	2,36	3,98	3,43	3,69
K <sub>2</sub> O	1,36	1,14	1,95	0,98	3,47	1,83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,04	0,18	0,04	0,23	0,23
Perte au feu	2,60	1,80	3,00	5,85	4,10	3,25
Total	98,36	99,96	100,27	98,37	101,98	98,51
CO <sub>2</sub>	1,43	0,54	0,32	N.D.	0,30	0,34
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,40	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,10
S	0,08	0,05	0,04	N.D.	0,41	0,12
Fe	8,1	8,4	7,9	8,4	8,9	8,2
Ti	0,34	0,37	0,37	0,20	0,52	0,45
Éléments traces (ppm)						
V	238	204	179	109	186	181
Cr	159	132	152	91	162	121
Mn	2918	2411	2121	3863	1948	1645
Co	55	47	32	22	95	31
Ni	120	115	116	118	97	69
Se	<5	6	6	<5	<5	<5
Cd	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	5	<5	<5	7
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2	<14	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	49	31	82	18	54	70
Sr	152	92	290	66	30	204
Zr	33	45	67	43	75	75
Y	23	18	10	10	16	17
B	440,0	120,0	39,0	N.D.	250,0	76,0
Sc	47,0	-	53,8	-	17,7	-
Hf	0,9	-	1,5	-	1,4	-
Cu	37	154	164	234	1950	484
Zn	117	115	107	189	169	127
As	24	42	22	45	615	32
Mo	2	2	1	1	2	36
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,6	0,6
Pb	64	48	49	51	64	48
Au (ppb)	39	97	76	216	9142	350

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-3 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage U-9399 à la mine Cooke (suite)

	BD-PB-290-85* Leucogabbro** 87,1 m***	BD-PB-305-85 Veine minéralisée 88,1 m	BD-PB-307-85 Enclave de basalte 89,3 m	BD-PB-310-85 Veine minéralisée 89,0 m	BD-PB-313-85 Veine minéralisée 89,9 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	47,70	49,80	71,10	54,10	47,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,30	11,00	12,60	16,70	11,10
TiO <sub>2</sub>	0,60	0,44	0,19	0,67	0,46
Fer total	15,00	17,70	2,87	10,00	18,30
FeO	7,94	4,63	N.D.	7,11	7,85
MnO	0,46	0,36	0,04	0,12	0,22
MgO	5,14	3,84	1,00	4,68	5,11
CaO	6,66	4,00	2,88	2,81	5,51
Na <sub>2</sub> O	2,25	2,62	3,89	4,62	2,45
K <sub>2</sub> O	3,14	1,65	2,32	4,01	1,48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,09	<0,01	0,24	0,08
Perte au feu	2,80	5,55	0,65	2,85	5,45
Total	97,08	97,05	97,55	100,79	97,45
CO <sub>2</sub>	0,60	0,74	N.D.	1,06	2,00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,05	<0,05	0,05	0,10	0,05
S	3,04	4,09	N.D.	0,32	5,28
Fe	10,5	10,3	2,2	6,4	11,6
Ti	0,32	0,25	0,12	0,41	0,24
Éléments traces (ppm)					
V	185	152	31	169	161
Cr	97	89	32	31	77
Mn	5085	3874	370	1254	2247
Co	86	274	13	25	73
Ni	115	136	16	42	170
Se	<5	17	<5	<5	9
Cd	1,7	3,1	<1,0	<1,0	3,7
Sn	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	<5	<5	<5
Te	<10	18	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	16	291	14	16	46
U	<10	11	<10	<10	43
Rb	66	21	44	64	24
Sr	53	34	576	47	29
Zr	32	6	94	71	25
Y	14	11	13	14	8
B	2300,0	1600,0	N.D.	42,0	650,0
Sc	33,1	-	-	-	-
Hf	0,8	-	-	-	-
Cu	>20000	>20000	4510	2550	>20000
Zn	439	710	70	108	688
As	486	650	174	928	575
Mo	62	794	40	260	156
Ag	8,9	50,2	2,8	2,2	26,4
Pb	76	94	28	43	90
Au (ppb)	3940	16359	1597	4980	>30000

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-3 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage U-9399 à la mine Cooke (suite)

	BD-PB-314-85* Leucogabbro**	BD-PB-315-85 Leucogabbro	BD-PB-316-85 Leucogabbro	BD-PB-317-85 Leucogabbro	BD-PB-319-85 Leucogabbro
	90,4 m***	90,7 m	90,9 m	91,6 m	92,9 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	48,70	52,90	48,70	48,90	55,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,00	16,80	15,70	13,90	14,20
TiO <sub>2</sub>	0,74	0,80	0,78	0,69	0,81
Fer total	13,70	11,10	9,80	11,20	10,40
FeO	10,09	N.D.	7,16	7,45	7,82
MnO	0,42	0,20	0,20	0,21	0,18
MgO	5,58	5,72	6,58	7,53	6,61
CaO	5,79	4,78	8,82	9,06	5,83
Na <sub>2</sub> O	1,75	4,23	2,77	2,52	5,75
K <sub>2</sub> O	1,63	2,07	2,08	1,39	0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,07	0,04	0,06	0,25
Perte au feu	4,95	3,25	2,00	2,40	1,75
Total	97,30	101,90	97,46	97,86	101,47
CO <sub>2</sub>	2,20	N.D.	1,88	0,68	1,04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	0,10	0,10	0,05	0,10
S	0,55	N.D.	0,07	0,10	0,12
Fe	9,4	7,6	6,5	8,1	6,0
Ti	0,41	0,42	0,38	0,38	0,38
Éléments traces (ppm)					
V	193	180	229	261	196
Cr	68	58	69	85	72
Mn	4509	1760	2100	2534	1953
Co	38	29	41	52	43
Ni	64	61	85	104	77
Se	<5	<5	6	<5	<5
Cd	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	<10	<10	<10	25
Sb	<5	<5	<5	<5	<5
Te	<10	<10	<10	<10	<10
W	16	<10	<10	<10	<10
Bi	4	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	27	66	76	67	4
Sr	44	123	160	128	71
Zr	48	61	56	46	54
Y	20	18	21	21	19
B	2500,0	N.D.	83,0	60,0	61,0
Sc	39,0	36,4	41,8	47,9	39,8
Hf	<0,5	-	1,4	1,5	<0,5
Cu	3940	913	389	495	338
Zn	290	141	114	142	306
As	693	158	27	47	11
Mo	34	6	2	3	1
Ag	4,6	1,4	0,6	<0,5	<0,5
Pb	66	48	40	49	79
Au (ppb)	8136	4879	147	327	3

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-4 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage U-15331 à la mine Cooke

	BD-PB-710-85* Ferrogabbro** à quartz 155,8 m***	BD-PB-712-85 Ferrogabbro à quartz 157,3 m	BD-PB-713-85 Ferrogabbro à quartz 159,4 m	BD-PB-714-85 Ferrogabbro à quartz 160,6 m	BD-PB-716-85 Ferrogabbro à quartz 162,5 m	BD-PB-717-85 Ferrogabbro à quartz 163,1 m
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	51,70	51,30	49,90	50,40	48,80	46,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,00	14,30	13,90	13,10	12,70	12,70
TiO <sub>2</sub>	1,44	1,51	1,44	1,39	1,29	1,40
Fer total	13,30	13,40	13,20	13,20	16,00	14,60
FeO	9,86	9,66	10,66	10,00	10,08	11,53
MnO	0,39	0,37	0,37	0,38	0,31	0,27
MgO	6,42	6,52	6,12	5,87	4,94	5,20
CaO	7,05	7,21	4,78	7,24	8,61	5,32
Na <sub>2</sub> O	4,84	4,93	4,44	4,53	3,33	4,75
K <sub>2</sub> O	0,39	0,44	1,18	0,47	0,89	0,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,25	0,40	0,37	0,34	0,35
Perte au feu	0,90	0,95	1,80	0,10	0,40	3,05
Total	100,72	101,18	97,53	97,05	97,61	94,58
CO <sub>2</sub>	1,12	0,62	0,70	0,08	0,68	1,48
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	0,15	0,10	0,15	0,05	0,05
S	0,32	0,12	0,09	0,01	0,29	0,31
Fe	8,4	8,7	8,1	8,2	9,5	9,7
Ti	0,75	0,86	0,83	0,82	0,72	0,86
Éléments traces (ppm)						
V	300	307	272	265	284	313
Cr	17	19	23	13	10	13
Mn	3457	3327	3047	3176	2823	2380
Co	77	54	58	47	50	43
Ni	65	56	53	52	50	54
Se	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cd	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	6	<5	<5	<5	<5	<5
Te	<10	<10	<10	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	9	11	17	9	10	2
Sr	153	127	71	108	238	52
Zr	85	94	81	69	73	83
Y	30	28	31	36	37	38
B	7,3	9,9	5,5	6,1	9,4	3,4
Cu	113	41	130	121	664	1600
Zn	158	174	162	169	157	150
As	372	111	103	49	51	57
Mo	<1	<1	2	2	1	1
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	17	15	13	15	22	15
Au (ppb)	321	212	65	29	88	141

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-4 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, forage U-15331 à la mine Cooke (suite)

	BD-PB-718-85* Ferrogabbro** à quartz 164,0 m***	BD-PB-719-85 Veine minéralisée 164,7 m	BD-PB-720-85 Veine minéralisée 164,9 m	BD-PB-721-85 Veine minéralisée 165,2 m	BD-PB-722-85 Ferrogabbro à quartz 165,5 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	41,80	19,20	16,20	50,40	45,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,20	2,48	0,60	8,29	14,20
TiO <sub>2</sub>	1,34	0,06	0,02	0,77	1,37
Fer total	19,10	21,70	10,80	27,40	16,20
FeO	15,37	2,17	N.D.	5,02	11,09
MnO	0,33	0,08	0,05	0,30	0,32
MgO	5,42	1,16	0,22	3,66	4,51
CaO	3,99	6,72	7,34	6,51	8,16
Na <sub>2</sub> O	2,40	0,21	0,04	1,58	4,10
K <sub>2</sub> O	0,29	0,09	0,06	0,18	0,48
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41	0,34	0,24	0,17	0,29
Perte au feu	5,45	9,45	15,25	0,15	3,40
Total	92,73	61,49	50,82	99,41	98,43
CO <sub>2</sub>	2,02	4,82	N.D.	3,18	3,46
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,15	0,10	N.D.	0,10	0,20
S	0,44	28,20	37,10	2,31	0,26
Fe	13,6	13,0	28,2	19,2	10,0
Ti	0,87	0,07	<0,01	0,49	0,80
Éléments traces (ppm)					
V	284	49	8	232	271
Cr	13	1	6	13	16
Mn	2713	653	520	2187	2666
Co	46	713	632	38	26
Ni	53	345	291	40	41
Se	<5	41	50	<5	<5
Cd	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	<10	15	12	<10
Sb	<5	6	7	<5	<5
Te	<10	42	44	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	79	179	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	4	<1	<1	3	7
Sr	28	32	14	36	111
Zr	74	<1	<1	31	93
Y	35	2	<1	23	34
B	7,6	1200,0	N.D.	7,4	11,0
Cu	101	>20000	>20000	9070	307
Zn	199	759	297	195	165
As	47	1182	1306	206	18
Mo	1	52	<1	<1	<1
Ag	<0,5	23,1	21,3	1,2	<0,5
Pb	16	30	75	39	24
Au (ppb)	18	>30000	>30000	1160	99

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU A-5 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe de la veine n° 9 réalisée au niveau 5 de la mine Cooke

	BD-PB-255-85* Veine** minéralisée	BD-PB-256-85 Ferrogabbro	BD-PB-257-85 Ferrogabbro	BD-PB-258-85 Ferrogabbro	BD-PB-259-85 Ferrogabbro	BD-PB-260-85 Ferrogabbro
	-	0,2 m au nord***	0,3 m au nord	1,1 m au nord	0,9 m au sud	1,8 m au sud
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	45,10	47,10	48,70	48,90	50,60	51,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,26	14,50	14,40	14,30	14,30	13,60
TiO <sub>2</sub>	0,38	1,22	1,26	1,24	1,32	1,16
Fer total	16,30	14,00	13,80	14,10	11,80	12,00
FeO	2,76	8,83	8,89	9,94	8,48	8,59
MnO	0,10	0,38	0,39	0,38	0,35	0,36
MgO	1,46	5,36	5,47	5,63	5,28	5,89
CaO	7,86	8,39	7,91	6,09	6,19	8,18
Na <sub>2</sub> O	1,09	3,32	3,62	4,11	5,06	4,23
K <sub>2</sub> O	1,46	0,37	0,39	0,31	0,44	0,44
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,01	0,12	0,15	0,16	0,11	0,14
Perte au feu	3,85	2,50	1,90	2,25	2,00	1,65
Total	82,86	97,25	97,98	97,47	97,44	98,84
CO <sub>2</sub>	5,00	0,56	0,34	0,52	0,90	0,04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	<0,05	0,10	<0,05	0,10	0,10	0,05
S	9,30	0,28	0,03	0,02	0,06	0,06
Fe	10,4	10,9	10,9	10,6	8,9	9,4
Ti	0,15	0,72	0,72	0,70	0,70	0,62
Éléments traces (ppm)						
V	94	318	328	276	298	295
Cr	16	40	36	38	28	27
Mn	1027	4284	4337	4321	3756	4273
Co	402	64	58	49	43	45
Ni	63	70	69	64	60	61
Se	16	<5	7	<5	<5	<5
Cd	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	250	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	<5	<5	5	<5
Te	21	<10	<10	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	20	7	7	3	6	7
Sr	15	222	210	140	172	215
Zr	11	82	75	89	85	74
Y	9	50	48	29	28	29
Cu	>20000	2790	355	175	79	43
Zn	678	237	237	261	197	247
As	598	25	16	<5	9	<5
Mo	20	2	3	1	1	2
Ag	21,2	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	65	77	61	65	49	55
Au (ppb)	23016	314	38	33	12	18

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la zone minéralisée

TABLEAU A-6 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe de la veine n° 7 à la mine Cooke au niveau 6

	BD-PB-210-85* Zone** minéralisée	BD-PB-697-85 Zone minéralisée	BD-PB-211-85 Ferrogabbro 0,2 m***	BD-PB-212-85 Porphyre feldspathique 0,6 m au nord
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	63,70	23,70	37,70	52,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,24	7,26	17,40	13,30
TiO <sub>2</sub>	0,19	0,22	0,71	0,53
Fer total	12,60	26,60	25,00	10,30
FeO	6,04	12,25	18,99	6,85
MnO	0,12	0,22	0,36	0,18
MgO	2,19	3,09	7,50	3,61
CaO	3,07	12,50	1,26	7,10
Na <sub>2</sub> O	0,25	0,03	0,17	4,75
K <sub>2</sub> O	0,33	0,13	1,92	0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0,01	0,25	0,23	0,16
Perte au feu	4,60	2,55	6,05	6,25
Total	92,29	76,55	98,30	99,05
CO <sub>2</sub>	2,08	10,34	0,24	4,72
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,05	0,15	0,10	0,10
S	4,01	7,59	0,14	0,25
Fe	9,9	16,1	1,9	8,6
Ti	0,10	0,08	0,36	0,29
Éléments traces (ppm)				
V	86	136	196	151
Cr	33	6	110	78
Mn	1172	2060	3993	1750
Co	279	1640	40	99
Ni	66	107	61	47
Se	<5	6	<5	<5
Cd	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	<10	<10	<10
Sb	6	20	<5	<5
Te	<10	18	16	<10
W	<10	<10	<10	<10
Bi	3	36	3	<2
U	<10	<10	<10	<10
Rb	5	1	71	5
Sr	22	24	15	87
Zr	27	14	69	58
Y	12	16	15	18
Cu	9480	2720	363	160
Zn	160	118	247	111
As	>2000	>2000	82	151
Mo	62	10	2	1
Ag	3,9	6,3	<0,5	1,6
Pb	82	52	102	40
Au (ppb)	2328	21500	65	3466

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la zone minéralisée

TABLEAU A-6 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe de la veine n° 7 à la mine Cooke au niveau 6 (suite)

	BD-PB-213-85* Porphyre** feldspathique 1,5 m***	BD-PB-214-85 Ferrogabbro 0,6 m	BD-PB-215-85 Ferrogabbro 1,5 m	BD-PB-216-85 Ferrogabbro 3,1 m
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	49,30	45,70	43,40	49,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,90	14,70	12,60	16,50
TiO <sub>2</sub>	0,66	1,26	1,46	1,14
Fer total	11,40	18,50	15,90	13,20
FeO	7,74	13,29	11,50	7,79
MnO	0,20	0,30	0,34	0,29
MgO	4,49	3,63	3,95	4,93
CaO	5,10	6,03	11,00	7,36
Na <sub>2</sub> O	5,15	3,45	3,57	4,81
K <sub>2</sub> O	0,72	0,29	0,22	0,74
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20	0,13	0,12	0,14
Perte au feu	5,50	6,30	8,05	3,30
Total	98,60	100,28	100,61	101,64
CO <sub>2</sub>	2,84	3,16	6,24	1,66
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,05	0,10	0,05	0,05
S	0,15	0,22	0,11	0,02
Fe	7,8	1,3	12,3	9,4
Ti	0,44	0,64	0,71	0,68
Éléments traces (ppm)				
V	182	294	296	263
Cr	105	22	19	30
Mn	2061	2967	3791	2998
Co	73	28	38	41
Ni	60	37	49	49
Se	<5	<5	<5	<5
Cd	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	<5	<5
Te	<10	<10	<10	<10
W	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10
Rb	25	7	5	16
Sr	134	52	82	228
Zr	79	80	79	72
Y	17	30	35	23
Cu	746	901	233	290
Zn	130	158	145	143
As	93	38	28	34
Mo	2	1	1	1
Ag	0,7	0,5	<0,5	<0,5
Pb	45	64	60	49
Au (ppb)	656	399	55	19

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la zone minéralisée

TABLEAU A-7 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe de la veine n° 7 à la mine Cooke au niveau 6

	BD-PB-203-85* Zone** minéralisée -	BD-PB-204-85 Leucogabbro 0,9 m***	BD-PB-205A-85 Leucogabbro 1,5 m	BD-PB-206-85 Leucogabbro 3,0 m
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	40,70	44,50	46,00	46,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,01	11,90	13,50	13,70
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,49	0,61	0,70
Fer total	23,70	16,10	16,60	16,80
FeO	10,00	12,32	12,90	12,90
MnO	0,09	0,19	0,19	0,19
MgO	3,71	6,48	6,56	7,37
CaO	3,37	8,33	4,82	4,02
Na <sub>2</sub> O	0,51	0,30	1,78	1,55
K <sub>2</sub> O	0,25	0,92	0,51	0,72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,05	0,14	0,15
Perte au feu	4,55	8,55	6,45	6,20
Total	85,20	97,81	97,17	97,39
CO <sub>2</sub>	2,26	5,88	3,62	3,14
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,05	0,10	0,15	0,20
S	11,40	0,49	0,10	0,02
Fe	16,00	11,50	12,40	11,0
Ti	0,23	0,27	0,37	0,37
Éléments traces (ppm)				
V	77	157	165	195
Cr	94	91	102	97
Mn	796	1840	1840	1677
Co	1960	307	448	38
Ni	282	79	117	88
Se	8	<5	14	7
Cd	12,4	<1,0	<1,0	<1,0
Sn	<10	<10	<10	<10
Sb	9	12	<5	7
Te	10	<10	12	<10
W	320	<10	<10	<10
Bi	42	14	7	<2
U	<10	43	<10	<10
Rb	2	17	10	19
Sr	42	20	29	21
Zr	6	32	33	31
Y	9	26	25	23
Sc	-	44,8	46,8	53,6
Hf	-	1,4	1,0	0,8
Cu	>20000	970	200	100
Zn	1994	191	146	147
As	>2000	1712	1429	102
Mo	160	790	25	5
Ag	>100,0	5,4	<0,5	<0,5
Pb	224	43	30	30
Au (ppb)	6550	825	245	17

\* N° d'échantillon

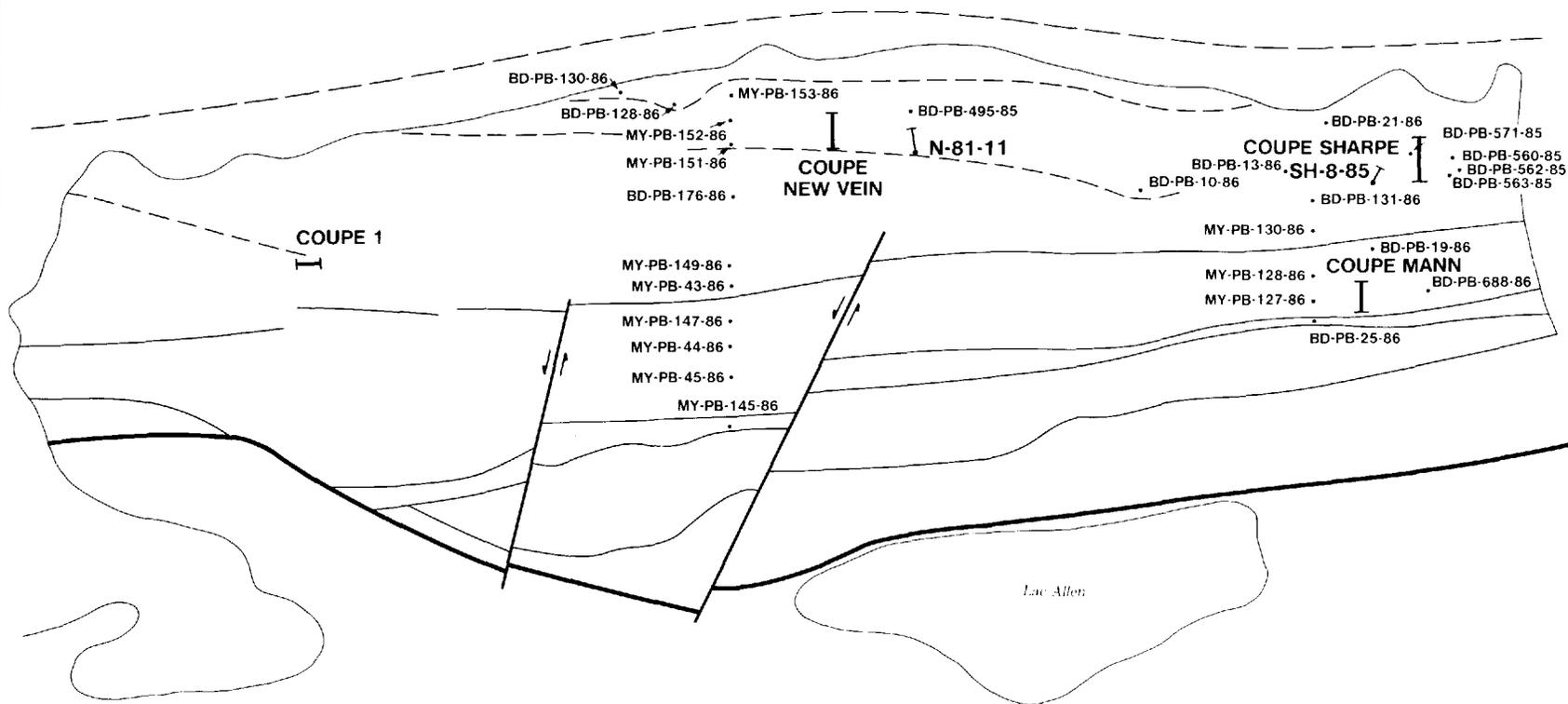
\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la zone minéralisée

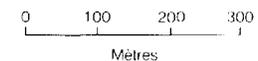
**LOCALISATION DES ÉCHANTILLONS, COUPES  
ET FORAGES UTILISÉS (MINE NORBEAU)**



Lac Bourbeau



Lac Allen



**TABLEAU B-1 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau réalisée à la mine Norbeau**

	BD-PB-25-86* Péridotite**	MY-PB-145-86 Péridotite	BD-PB-19-86 Leucogabbro	MY-PB-44-86 Leucogabbro	MY-PB-45-86 Ferrogabbro
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	39,7	39,6	50,0	46,5	48,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,08	4,91	12,9	20,0	13,3
TiO <sub>2</sub>	0,60	0,57	0,95	0,78	0,59
Fer total	19,6	18,0	14,3	9,48	10,0
FeO	-	10,8	-	5,9	7,4
MnO	0,19	0,20	0,23	0,15	0,17
MgO	23,6	25,6	8,25	5,08	9,98
CaO	3,02	2,52	7,90	13,4	13,0
Na <sub>2</sub> O	0,09	0,32	2,05	2,17	0,95
K <sub>2</sub> O	0,10	0,07	0,16	0,13	0,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,07	0,10	0,08	0,06
Perte au feu	7,08	7,47	3,08	2,39	2,70
Total	99,6	99,8	99,9	100,2	99,1
CO <sub>2</sub>	0,03	0,02	0,62	0,01	<0,01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	7,5	7,4	3,2	1,8	2,5
S	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	-	9,5	-	86	190
Zn	-	230	-	77	89
As	-	<2	-	<2	<2
Mo	-	<5	-	<5	<5
Ag	-	<0,5	-	<0,5	<0,5
Pb	-	<2	<2	-	<2
Au (ppb)	-	1	-	<1	8
Éléments traces (ppm)					
B	-	58	-	8,6	6,4
Ba	40	130	60	30	50
Be	-	<10	-	<10	<10
Bi	-	<0,5	-	<0,5	<0,5
Br	-	1	-	2	<1
Cd	-	<0,2	-	<0,2	<0,2
Co	-	120	-	26	40
Cr	3180	2800	20	30	160
Cs	-	<1,7	-	<1,7	<1,8
Ge	-	<10	-	<10	<10
Hf	-	1	-	1	1
Li	-	<10	-	10	<10
Nb	30	<10	20	10	10
Ni	-	840	-	50	120
Rb	20	20	<10	<20	20
Sb	-	<0,2	-	0,2	<0,2
Sc	-	21,8	-	34,0	49,6
Se	-	<3	-	<4	<3
Sr	<10	<10	70	220	130
Ta	-	<1	-	<1	<1
Th	-	<0,5	-	<0,5	<0,5
U	-	<0,5	-	<0,5	<0,5
V	-	130	-	220	190
W	-	<3	-	<3	<3
Y	<10	20	20	20	10
Zr	20	20	40	30	20
Terres rares (ppm)					
La	-	2,7	-	3,2	2,2
Ce	-	15	-	10	5
Nd	-	<5	-	7	<5
Sm	-	1,3	-	1,7	1,3
Eu	-	0,5	-	0,5	0,5
Yb	-	1,3	-	1,6	1,4
Lu	-	0,24	-	0,29	0,23

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU B-1 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau réalisée à la mine Norbeau (suite)**

	MY-PB-147-86* Leucogabbro**	BD-PB-688-85 Leucogabbro	MY-PB-127-86 Leucogabbro	MY-PB-128-86 Leucogabbro	MY-PB-43-86 Ferrogabbro à quartz	MY-PB-57-86 Ferrogabbro à quartz
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	49,2	48,30	47,2	48,0	41,8	43,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,5	14,60	15,5	14,7	11,8	10,9
TiO <sub>2</sub>	0,79	0,65	0,73	0,72	2,51	3,28
Fer total	10,2	10,00	9,80	10,8	20,8	22,0
FeO	7,1	7,00	-	-	14,4	15,5
MnO	8,18	0,20	0,17	0,19	0,20	0,27
MgO	6,68	10,00	8,60	10,6	6,17	6,34
CaO	12,0	12,40	14,7	7,91	10,9	9,30
Na <sub>2</sub> O	1,95	1,87	1,30	1,51	1,51	1,76
K <sub>2</sub> O	0,18	0,22	0,11	0,27	0,15	0,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,34	0,08	0,06	0,07	0,10
Perte au feu	2,77	1,55	2,08	4,93	2,47	2,62
Total	100,6	101,13	100,4	99,7	98,4	100,2
CO <sub>2</sub>	0,24	0,46	0,02	1,95	0,08	0,31
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,1	0,10	2,2	4,2	2,8	3,1
S	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,19
Éléments traces métalliques (ppm)						
Cu	4,0	127	-	-	340	110
Zn	13	66	-	-	130	210
As	<2	<5	-	-	2	17
Mo	<5	1	-	-	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	251	-	-	<2
Au (ppb)	<1	14	-	-	<1	<1
Éléments traces (ppm)						
B	8,6	-	-	-	4,8	23
Ba	50	-	20	80	70	110
Be	<10	-	-	-	<10	<10
Bi	<0,5	<2	-	-	<0,5	<0,5
Br	1	-	-	-	<1	2
Cd	<0,2	<1	-	-	<0,2	<0,2
Co	35	34	-	-	68	76
Cr	30	108	340	130	40	150
Cs	<1,9	-	-	-	4,1	4,2
Ge	<10	-	-	-	<10	<10
Hf	1	-	-	-	2	1
Li	<10	-	-	-	10	<10
Nb	10	-	20	20	10	10
Ni	2	85	-	-	140	86
Rb	20	1	<10	20	<20	30
Sb	0,3	31	-	-	0,2	<0,2
Sc	40,1	-	-	-	54,0	56,7
Se	<4	<5	-	-	<4	<3
Sr	170	147	250	110	100	70
Ta	<1	-	-	-	<1	<1
Th	<0,5	-	-	-	<0,5	<0,5
U	<0,5	<10	-	-	<0,5	<0,5
V	210	140	-	-	1400	790
W	<3	<10	-	-	<3	<3
Y	20	10	20	10	20	10
Zr	50	35	30	10	30	40
Terres rares (ppm)						
La	3,3	-	-	-	3,6	4,3
Ce	10	-	-	-	10	10
Nd	<5	-	-	-	<5	8
Sm	1,8	-	-	-	1,9	2,0
Eu	0,7	-	-	-	0,8	0,6
Yb	1,9	-	-	-	2,1	2,2
Lu	0,36	-	-	-	0,32	0,39

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU B-1 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau réalisée à la mine Norbeau (suite)**

	BD-PB-58-86* Ferrogabbro** à quartz	MY-PB-149-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-175-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-469-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-470-86 Ferrogabbro à quartz
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	44,0	45,0	43,8	47,2	48,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,3	12,2	11,3	11,2	11,5
TiO <sub>2</sub>	3,45	2,43	3,65	4,37	3,89
Fer total	20,6	19,8	21,3	20,6	19,6
FeO	15,0	14,3	15,5	15,9	14,4
MnO	0,26	0,22	0,28	0,34	0,36
MgO	5,7	6,20	4,50	4,25	3,9
CaO	7,41	8,77	7,98	6,13	7,02
Na <sub>2</sub> O	2,89	2,30	1,82	2,13	2,40
K <sub>2</sub> O	0,23	0,19	0,36	0,41	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,08	0,15	0,13	0,18
Perte au feu	3,62	2,54	3,54	3,31	2,77
Total	99,0	99,8	98,7	100,1	100,3
CO <sub>2</sub>	1,17	<0,01	0,91	0,70	0,54
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,3	2,7	3,8	3,70	3,0
S	0,14	0,10	0,14	0,10	0,06
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	60	39	80	34	26
Zn	180	130	160	150	120
As	39	11	5	16	4
Mo	<5	18	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	30	<2	<2
Au (ppb)	<1	<1	<1	1	<1
Éléments traces (ppm)					
B	7,2	34,4	42,2	2,6	4,6
Ba	90	70	120	200	210
Be	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Br	3	<6	<1	<1	1
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	68	400	59	51	40
Cr	40	40	40	20	20
Cs	<2,4	<2,2	<2,1	3,9	3,6
Ge	<10	<10	<10	<10	<10
Hf	2	9	3	3	5
Li	10	<10	10	10	<10
Nb	20	10	10	40	30
Ni	6	11	30	3	3
Rb	20	20	30	<20	40
Sb	<0,2	<0,8	<0,2	<0,2	<0,2
Sc	57,8	311	53,0	63	59
Se	<3	30	<3	<5	<5
Sr	50	50	80	110	150
Ta	<1	<1	<1	<1	<1
Th	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	<0,8
U	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
V	700	1200	910	230	140
W	<3	<3	<3	<3	<3
Y	10	20	40	10	30
Zr	40	40	100	60	120
Terres rares (ppm)					
La	4,1	20,3	7,0	6,4	9,6
Ce	12	68	20	17	23
Nd	6	25	11	10	12
Sm	2,4	11,5	3,8	3,1	4,4
Eu	0,9	4,8	1,3	1,2	1,4
Yb	2,4	11,9	4,0	3,3	4,5
Lu	0,45	2,10	0,64	0,56	1,03

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU B-1 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau réalisée à la mine Norbeau (suite)**

	BD-PB-562-85* Ferrogabbro** à quartz	BD-PB-563-85 Ferrogabbro à quartz	MY-PB-130-86 Ferrogabbro à quartz	MY-PB-131-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-10-86 Ferrodiorite à quartz
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	43,30	54,40	43,9	46,8	58,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,00	12,10	12,0	12,2	12,0
TiO <sub>2</sub>	3,14	1,66	2,48	3,01	1,36
Fer total	22,90	15,50	22,2	20,0	14,6
FeO	14,93	9,95	-	-	-
MnO	0,26	0,20	0,22	0,29	0,26
MgO	6,07	3,71	5,84	4,84	1,68
CaO	9,53	6,27	9,71	7,56	5,55
Na <sub>2</sub> O	1,96	3,12	1,60	1,93	2,48
K <sub>2</sub> O	0,19	0,21	0,16	0,29	0,35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,27	0,43	0,09	0,15	0,44
Perte au feu	1,45	1,50	2,16	2,47	3,00
Total	101,07	99,15	100,4	99,6	100,4
CO <sub>2</sub>	0,38	0,40	0,02	0,21	<0,1
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	0,20	2,9	3,2	2,5
S	0,45	0,16	0,13	0,10	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	77	29	-	-	-
Zn	150	124	-	-	-
As	8	<5	-	-	-
Mo	2	2	-	-	-
Ag	<0,5	<0,5	-	-	-
Pb	27	15	-	-	-
Au (ppb)	7	2	-	-	-
Éléments traces (ppm)					
B	-	-	-	-	-
Ba	-	-	70	80	160
Be	-	-	-	-	-
Bi	<2	<2	-	-	-
Br	-	-	-	-	-
Cd	<1	<1	-	-	-
Co	101	47	-	-	-
Cr	<1	3	30	20	10
Cs	-	-	-	-	-
Ge	-	-	-	-	-
Hf	-	-	-	-	7,8
Li	-	-	-	-	-
Nb	-	-	30	20	20
Ni	5	3	-	-	-
Rb	4	5	20	30	10
Sb	9	<5	-	-	-
Sc	-	-	-	-	26,5
Se	<5	<5	-	-	-
Sr	86	103	70	50	140
Ta	-	-	-	-	-
Th	-	-	-	-	-
U	<10	<10	-	-	-
V	994	120	-	-	-
W	<10	<10	-	-	-
Y	17	61	10	20	90
Zr	34	171	20	80	30
Terres rares (ppm)					
La	-	-	-	-	-
Ce	-	-	-	-	-
Nd	-	-	-	-	-
Sm	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-
Yb	-	-	-	-	-
Lu	-	-	-	-	-

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU B-1 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau réalisée à la mine Norbeau (suite)**

	BD-PB-13-86*	BD-PB-74-86	MY-PB-151-86	MY-PB-152-86	MY-PB-153-86
	Ferrodiorite** à quartz	Ferrodiorite à quartz	Ferrodiorite à quartz	Ferrodiorite à quartz	Ferrodiorite à quartz
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	50,8	52,7	53,5	50,2	53,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,7	12,8	11,9	12,1	14,4
TiO <sub>2</sub>	3,87	1,09	1,97	2,55	2,67
Fer total	17,5	17,8	17,2	16,8	11,4
FeO	-	12,9	11,5	10,5	8,3
MnO	0,34	0,24	0,26	0,33	0,24
MgO	4,02	2,89	1,98	3,29	3,09
CaO	4,18	3,99	5,46	6,91	4,45
Na <sub>2</sub> O	3,15	3,05	2,91	3,43	4,98
K <sub>2</sub> O	0,16	0,46	0,92	0,46	0,69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,24	0,61	0,44	0,26	0,19
Perte au feu	2,54	3,54	2,62	3,62	3,47
Total	99,6	99,3	99,3	100,0	99,5
CO <sub>2</sub>	0,13	0,03	<0,1	1,4	1,2
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,10	3,9	2,4	1,6	2,5
S	0,08	0,10	0,26	0,06	0,02
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	-	40	57	43	2,5
Zn	-	150	99	120	100
As	-	20	<2	<2	<2
Mo	-	<5	<5	<5	<5
Ag	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	-	<2	<2	<2	<2
Au (ppb)	-	<1	1	<1	<1
Éléments traces (ppm)					
B	-	9,0	4,0	3,8	320
Ba	90	200	280	190	150
Be	-	<10	<10	<10	<10
Bi	-	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0
Br	-	1	2	<1	<1
Cd	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	-	45	31	52	7
Cr	20	20	20	30	30
Cs	-	5,1	7,5	4,3	<2,0
Ge	-	<10	<10	<10	<10
Hf	4,7	7	7	5	5
Li	-	10	<10	<10	10
Nb	10	50	20	20	10
Ni	-	1	4	16	24
Rb	10	50	70	20	20
Sb	-	<0,2	0,2	<0,2	0,2
Sc	60,6	21,0	35,0	45,6	50,0
Se	-	<4	<3	<4	<3
Sr	80	70	160	90	70
Ta	-	<1	<1	<1	2
Th	-	1,3	1,2	0,8	0,8
U	-	<0,5	0,7	<0,5	<0,5
V	-	10	40	430	470
W	-	<3	<3	<3	<3
Y	30	130	80	50	40
Zr	140	150	200	140	150
Terres rares (ppm)					
La	-	15,6	12,0	9,6	9,9
Ce	-	48	33	28	31
Nd	-	30	26	17	12
Sm	-	11,10	7,6	5,5	4,1
Eu	-	1,9	1,8	1,3	1,2
Yb	-	10,8	6,6	5,1	4,0
Lu	-	1,90	1,15	0,92	0,69

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU B-1 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Étude pétrochimique du filon-couche de Bourbeau réalisée à la mine Norbeau (suite)**

	BD-PB-560-85* Ferrodiorite** à quartz	BD-PB-571-85 Ferrodiorite à quartz	BD-PB-21-86 Granophyre	BD-PB-495-85 Granophyre	BD-PB-128-86 Ferrogabbro sommital	BD-PB-130-86 Ferrogabbro sommital
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	57,5	61,8	57,7	58,00	51,1	54,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,3	11,90	11,4	11,40	12,2	12,3
TiO <sub>2</sub>	1,74	1,13	1,82	1,08	2,38	1,86
Fer total	14,6	14,3	11,0	12,00	17,9	14,9
FeO	-	-	-	8,84	-	-
MnO	0,26	0,28	0,20	0,22	0,25	0,23
MgO	1,74	1,26	1,49	1,62	3,48	4,72
CaO	5,62	2,32	7,18	5,56	7,20	6,12
Na <sub>2</sub> O	2,77	3,74	3,22	1,98	1,67	2,06
K <sub>2</sub> O	0,36	0,42	0,25	1,03	0,51	1,33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,45	0,30	0,53	0,54	0,30	0,30
Perte au feu	2,85	2,85	4,77	4,30	2,47	2,31
Total	100,5	100,43	99,6	97,73	99,5	100,4
CO <sub>2</sub>	0,89	0,47	0,62	3,66	0,27	0,01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,8	2,8	2,3	0,15	2,9	2,8
S	0,00	0,00	0,00	0,13	0,05	0,08
Éléments traces métalliques (ppm)						
Cu	-	-	-	35	340	110
Zn	-	-	-	118	-	-
As	-	-	-	11	-	-
Mo	-	-	-	1	-	-
Ag	-	-	-	<0,5	-	-
Pb	-	-	-	23	-	-
Au (ppb)	-	-	-	6	-	-
Éléments traces (ppm)						
B	-	-	-	-	-	-
Ba	150	180	80	-	170	360
Be	-	-	-	-	-	-
Bi	-	-	-	<2	-	-
Br	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	<1	-	-
Co	-	-	-	30	-	-
Cr	10	10	<10	<1	40	10
Cs	-	-	-	-	-	-
Ge	-	-	-	-	-	-
Hf	7,6	9,2	-	-	-	-
Li	-	-	-	-	-	-
Nb	30	30	-	-	20	10
Ni	-	-	-	2	-	-
Rb	30	60	20	23	<10	40
Sb	-	-	-	<5	-	-
Sc	32,2	26,5	-	-	-	-
Se	-	-	-	6	-	-
Sr	130	60	60	43	120	100
Ta	-	-	-	-	-	-
Th	-	-	-	-	-	-
U	-	-	-	<10	-	-
V	-	-	-	13	-	-
W	-	-	-	<10	-	-
Y	70	70	80	85	40	70
Zr	300	370	290	264	160	220
Terres rares (ppm)						
La	-	-	-	-	-	-
Ce	-	-	-	-	-	-
Nd	-	-	-	-	-	-
Sm	-	-	-	-	-	-
Eu	-	-	-	-	-	-
Yb	-	-	-	-	-	-
Lu	-	-	-	-	-	-

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU B-2 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Forage SH-8-85 à la mine Norbeau**

	BD-PB-57-86* Ferrogabbro** à quartz 9,8 m***	BD-PB-58-86 Ferrogabbro à quartz 22,3 m	BD-PB-60-86 Ferrogabbro à quartz 26,7 m	BD-PB-62-86 Ferrogabbro à quartz 29,1 m	BD-PB-64-86 Ferrogabbro à quartz 32,4 m	BD-PB-65-86 Veine de quartz 34,0 m
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	43,3	44,0	37,8	36,3	39,9	46,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,9	11,3	11,1	9,64	10,9	12,8
TiO <sub>2</sub>	3,28	3,45	3,84	3,22	3,63	3,24
Fer total	22,0	20,6	22,2	21,2	22,2	16,7
FeO	15,5	15,0	18,2	16,9	18,1	9,0
MnO	0,27	0,26	0,25	0,28	0,25	0,14
MgO	6,34	5,07	5,40	4,65	4,53	2,25
CaO	9,30	7,41	8,96	11,4	8,44	4,77
Na <sub>2</sub> O	1,76	2,89	0,40	0,01	0,37	3,83
K <sub>2</sub> O	0,23	0,23	0,04	0,04	0,04	0,67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,11	0,08	0,09	0,10	0,25
Perte au feu	2,62	3,62	8,39	9,31	9,00	7,70
Total	100,2	99,0	98,5	97,2	99,4	99,1
CO <sub>2</sub>	0,31	1,7	5,0	7,5	5,8	3,4
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,1	3,3	5,6	5,1	5,1	2,5
S	0,19	0,14	0,36	0,60	0,26	1,98
Éléments traces métalliques (ppm)						
Cu	110,0	60	99	96	110	210
Zn	210	180	220	170	170	90
As	17	39	91	310	88	20000
Mo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Au (ppb)	<1	<1	3	9	<1	2400
Éléments traces (ppm)						
B	23	7,2	15	3,0	5,4	230
Ba	110	90	70	60	60	150
Be	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,0
Br	2	3	1	<1	2	<4
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	76	68	94	94	64	82
Cr	150	40	40	30	30	30
Cs	4,2	<2,4	<2,1	2,4	<2,0	<2,1
Ge	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Hf	1	2	2	1	2	5
Li	<10	10	20	10	20	10
Nb	10	20	20	30	10	30
Ni	86	6	8	5	3	4
Rb	30	20	<20	40	20	30
Sb	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	19
Sc	56,7	57,8	58,2	61,0	51,0	45,0
Se	<3	<3	<3	<3	<4	6
Sr	70	50	20	30	10	20
Ta	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Th	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2
U	<0,5	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5	3,1
V	790	700	870	880	740	990
W	<3	<3	<3	<3	<3	3
Y	10	10	10	<10	20	40
Zr	40	40	40	50	40	180
Terres rares (ppm)						
La	4,3	4,1	3,9	4,2	3,0	12,7
Ce	10	12	18	17	12	25
Nd	8	6	5	8	8	<16
Sm	2,0	2,4	1,9	2,4	1,8	4,7
Eu	0,6	0,9	0,5	0,5	0,4	2,6
Yb	2,2	2,4	1,9	2,1	2,1	4,7
Lu	0,39	0,45	0,36	0,41	0,35	0,61

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU B-2 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Forage SH-8-85 à la mine Norbeau (suite)**

	<b>BD-PB-66-86*</b> <b>Veine**</b> <b>de quartz</b> <b>34,4 m***</b>	<b>BD-PB-67-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>35,0 m</b>	<b>BD-PB-68-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>35,5 m</b>	<b>BD-PB-69-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>36,0 m</b>
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	97,4	43,7	48,8	45,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14	12,0	12,0	11,2
TiO <sub>2</sub>	0,06	2,28	2,44	4,43
Fer total	0,15	16,2	17,9	18,2
FeO	0,1	10,6	10,4	15,3
MnO	0,01	0,19	0,12	0,25
MgO	0,05	2,50	3,03	2,90
CaO	0,10	8,46	4,51	7,99
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,73	2,83	1,54
K <sub>2</sub> O	0,02	1,72	0,45	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,08	0,35	0,17
Perte au feu	0,54	5,85	6,23	8,00
Total	98,5	93,81	98,7	100,0
CO <sub>2</sub>	0,04	6,6	3,0	6,0
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	<0,1	2,8	3,3	4,0
S	-	1,22	2,20	0,04
Éléments traces métalliques (ppm)				
Cu	2,5	160	92	22
Zn	3,0	97	110	130
As	170	1500	7400	86
Mo	<5	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	6	<2	<2	<2
Au (ppb)	9	180	230	<1
Éléments traces (ppm)				
B	24	26	9,2	3,2
Ba	110	140	120	100
Be	10	10	10	10
Bi	0,5	0,5	0,5	0,5
Br	4	2	2	1
Cd	0,2	0,2	0,2	0,2
Co	1	28	31	42
Cr	30	20	30	20
Cs	0,6	2,2	1,8	2,2
Ge	10	10	10	10
Hf	1	4	9	4
Li	10	20	10	20
Nb	10	20	40	40
Ni	3	2	1	4
Rb	20	50	20	20
Sb	0,2	0,6	1,7	0,2
Sc	0,6	53,0	36,0	55,0
Se	3	6	22	5
Sr	10	30	20	30
Ta	1	1	3	1
Th	0,5	0,5	0,5	0,5
U	0,5	0,5	0,5	0,5
V	10	50	70	130
W	3	12	8	3
Y	10	40	50	50
Zr	10	150	210	90
Terres rares (ppm)				
La	0,5	7,1	10,8	7,7
Ce	3	32	37	28
Nd	5	11	27	14
Sm	0,1	5,8	5,9	5,0
Eu	0,2	0,9	1,8	1,7
Yb	0,2	6,5	7,3	4,6
Lu	0,05	1,00	1,13	0,76

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU B-2 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Forage SH-8-85 à la mine Norbeau (suite)**

	<b>BD-PB-71-86*</b> <b>Ferrodiorite**</b> <b>à quartz</b> <b>39,3 m***</b>	<b>BD-PB-72-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>41,1 m</b>	<b>BD-PB-73-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>42,9 m</b>	<b>BD-PB-74-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>46,5 m</b>
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	49,9	51,4	47,3	52,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,9	11,8	12,3	12,8
TiO <sub>2</sub>	2,54	2,22	3,74	1,09
Fer total	19,1	15,9	21,1	17,8
FeO	15,6	12,9	17,1	12,9
MnO	0,22	0,23	0,33	0,24
MgO	4,06	3,38	4,08	2,89
CaO	2,25	5,17	2,54	3,99
Na <sub>2</sub> O	3,09	2,89	3,10	3,05
K <sub>2</sub> O	0,08	0,12	0,41	0,46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,47	0,21	0,17	0,61
Perte au feu	3,93	5,16	4,08	3,54
Total	99,6	98,5	99,2	99,3
CO <sub>2</sub>	0,61	3,0	0,33	0,03
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,5	3,8	4,9	3,9
S	0,00	0,00	0,00	0,10
Éléments traces métalliques (ppm)				
Cu	11	33	13	40
Zn	150	130	180	150
As	45	31	52	20
Mo	7	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	<2	<2
Au (ppb)	6	6	<1	<1
Éléments traces (ppm)				
B	1,0	1,6	5,2	9,0
Ba	110	120	200	200
Be	10	10	<10	<10
Bi	0,5	0,5	<0,5	<0,5
Br	1	2	<1	<1
Cd	0,2	0,2	<0,2	<0,2
Co	30	28	52	45
Cr	30	20	30	20
Cs	1,7	2,0	4,4	5,1
Ge	10	10	<10	<10
Hf	9	6	4	7
Li	30	20	10	10
Nb	40	30	10	50
Ni	2	2	5	1
Rb	20	20	20	50
Sb	0,2	0,2	<0,2	<0,2
Sc	37,6	43,1	62,0	21,0
Se	3	3	<5	<4
Sr	10	20	10	70
Ta	1	1	<1	<1
Th	1,2	1,1	<0,5	1,3
U	0,8	0,6	<0,5	<0,5
V	50	70	310	10
W	3	3	<3	<3
Y	50	40	40	130
Zr	280	170	180	150
Terres rares (ppm)				
La	13,9	8,8	8,0	15,6
Ce	33	28	22	48
Nd	18	13	14	30
Sm	6,9	4,9	4,5	11,0
Eu	1,1	0,9	1,8	1,9
Yb	7,8	5,2	4,6	10,8
Lu	1,30	0,86	0,80	1,90

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU B-3 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Forage N-81-11 à la mine Norbeau**

	BD-PB-469-86* Ferrogabbro** à quartz 4,3 m***	BD-PB-470-86 Ferrogabbro à quartz 8,8 m	BD-PB-471-86 Ferrogabbro à quartz 14,6 m	BD-PB-472-86 Ferrogabbro à quartz 16,8 m	BD-PB-476-86 Ferrodiorite à quartz 21,0 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	47,2	48,6	49,4	49,6	47,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,2	11,5	11,4	11,5	11,0
TiO <sub>2</sub>	4,37	3,89	3,14	3,03	1,30
Fer total	20,6	19,6	17,9	18,1	17,9
FeO	15,9	14,4	14,5	14,7	14,2
MnO	0,34	0,36	0,31	0,27	0,23
MgO	4,25	3,49	2,92	3,04	1,75
CaO	6,13	7,02	6,00	6,72	8,50
Na <sub>2</sub> O	2,13	2,40	3,06	2,15	0,93
K <sub>2</sub> O	0,41	0,45	0,27	0,05	0,79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,13	0,18	0,22	0,22	0,54
Perte au feu	3,31	2,77	5,00	5,54	7,31
Total	100,1	100,3	99,7	100,1	98,1
CO <sub>2</sub>	0,70	0,54	3,6	4,3	6,2
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,70	3,0	3,5	3,9	3,1
S	0,10	0,06	0,18	0,04	0,40
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	34,0	26	27	15	18
Zn	150	120	140	140	120
As	16	4	23	36	21
Mo	<5	<5	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	<2	<2	<2
Au (ppb)	1	<1	6	<1	110
Éléments traces (ppm)					
B	2,6	4,6	6,00	<0,5	12
Ba	200	210	230	80	140
Be	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Br	<1	1	<1	3	1
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	51	40	41	42	19
Cr	20	20	20	20	20
Cs	3,9	3,6	<2,9	<2	<1,7
Ge	<10	<10	<10	<10	<10
Hf	3	5	4	4	7
Li	10	<10	10	10	<10
Nb	40	30	20	20	40
Ni	3	3	3	3	3
Rb	<20	40	30	30	30
Sb	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Sc	63	59	48	47,4	29,0
Se	<5	<5	<3	<3	<3
Sr	110	150	30	10	60
Ta	<1	<1	<1	2	<1
Th	<0,5	0,8	0,5	0,9	1,1
U	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
V	230	140	80	60	<10
W	<3	<3	<3	<3	<3
Y	10	30	40	30	60
Zr	60	120	150	170	210
Terres rares (ppm)					
La	6,4	9,6	6,9	7,6	13
Ce	17	23	22	23	42
Nd	10	12	13	16	27
Sm	3,1	4,4	4,5	4,9	8,2
Eu	1,2	1,4	1,2	2,2	1,5
Yb	3,3	4,5	4,4	4,6	7,2
Lu	0,56	1,03	0,85	0,83	1,30

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU B-3 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Forage N-81-11 à la mine Norbeau (suite)**

	BD-PB-477-86* Ferrodiorite** à quartz 21,9 m***	BD-PB-478-86 Ferrodiorite à quartz 22,9 m	BD-PB-479-86 Veine de quartz 23,4 m	BD-PB-480-86 Ferrodiorite à quartz 24,4 m	BD-PB-481-86 Ferrodiorite à quartz 25,5 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	58,8	58,2	66,7	48,8	58,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,8	13,3	4,08	10,7	11,6
TiO <sub>2</sub>	0,96	1,11	0,44	0,94	0,95
Fer total	9,32	6,36	11,8	13,9	13,0
FeO	7,6	5,1	1,3	5,6	10,5
MnO	0,15	0,13	0,05	0,20	0,10
MgO	0,75	0,25	0,28	0,95	1,15
CaO	6,01	7,12	2,53	7,61	5,04
Na <sub>2</sub> O	4,05	5,06	1,29	2,14	2,80
K <sub>2</sub> O	1,31	1,66	0,65	2,17	0,59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,36	0,13	0,09	0,32
Perte au feu	4,08	5,39	10,7	11,5	4,31
Total	98,6	99,1	98,7	99,3	98,9
CO <sub>2</sub>	4,3	5,1	2,1	8,1	2,1
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,5	0,6	0,3	0,8	2,6
S	0,98	1,52	2,59	3,22	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	37	63	31	120	2,5
Zn	52	15	9,5	21	93
As	2	<2	63000	3300	42
Mo	<5	<5	<22	7	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	4	<2	<2
Au (ppb)	770	4	100000	1600	5
Éléments traces (ppm)					
B	27	37	34	38	9,6
Ba	200	240	150	260	160
Be	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	1,5	<0,5	<0,5
Br	<1	2	<1	2	2
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	6	4	36	13	13
Cr	20	20	30	20	20
Cs	<1,9	<2	<4,4	<2,2	<1,8
Ge	<10	<10	<10	<10	<10
Hf	12	10	4	8	10
Li	<10	<10	<10	10	<10
Nb	40	30	20	30	40
Ni	2	1	<1	<1	<1
Rb	60	60	<20	40	40
Sb	<0,2	<0,2	20	3,1	<0,2
Sc	22,4	28	7,2	22,1	23,0
Se	6	<3	<27	<7	<6
Sr	90	100	20	60	50
Ta	<1	<1	<3	<1	<1
Th	1,9	1,7	2,7	1,5	1,8
U	0,6	<0,5	2,7	<1,1	0,6
V	10	<10	10	10	<10
W	24	19	<3	19	<3
Y	90	120	20	80	90
Zr	400	350	170	330	420
Terres rares (ppm)					
La	21	17,6	17	17,5	20
Ce	73	52	<7	49	71
Nd	33	29	<14	30	32
Sm	10	9,9	1,6	9,2	9,9
Eu	1,4	1,3	1,5	1,6	1,6
Yb	9,4	9,1	<0,2	9,6	10,0
Lu	1,60	1,70	0,61	1,50	1,70

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU B-3 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Forage N-81-11 à la mine Norbeau (suite)**

	BD-PB-486-86* Ferrodiorite** à quartz 32,5 m***	BD-PB-488-86 Ferrodiorite à quartz 34,7 m	BD-PB-490-86 Ferrodiorite à quartz 37,5 m	BD-PB-491-86 Ferrodiorite à quartz 41,1 m	BD-PB-493-86 Ferrodiorite à quartz 49,4 m
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	47,4	50,6	56,6	57,3	59,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,0	11,1	12,0	12,4	11,8
TiO <sub>2</sub>	1,50	1,57	1,64	1,81	1,96
Fer total	21,4	15,8	12,9	14,8	14,0
FeO	18,2	12,9	10,8	12,2	11,5
MnO	0,10	0,09	0,21	0,19	0,25
MgO	0,71	0,54	1,54	1,98	1,97
CaO	5,73	6,40	4,71	3,27	2,85
Na <sub>2</sub> O	1,91	2,38	3,81	3,31	3,21
K <sub>2</sub> O	1,67	3,08	0,15	0,07	0,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,39	0,46	0,50	0,56	0,54
Perte au feu	6,31	6,62	4,16	3,39	2,70
Total	98,2	98,7	98,3	99,2	98,5
CO <sub>2</sub>	4,0	4,5	3,0	1,4	1,1
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,7	1,0	2,5	3,2	2,8
S	4,52	4,16	0,02	0,00	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	98	110	1,5	1,5	1,5
Zn	62	92	82	95	95
As	260	4700	24	12	<2
Mo	<5	<5	<22	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	2	10	<2	<2	<2
Au (ppb)	24	900	4	3	<1
Éléments traces (ppm)					
B	21	40	11	3,6	5,2
Ba	180	280	90	120	120
Be	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Br	2	<01	2	1	2
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	27	17	12	21	14
Cr	20	20	20	30	30
Cs	<1,9	<0,9	<2,0	<2,0	<1,9
Ge	<10	<10	<10	<10	<10
Hf	9	8	10	10	8
Li	<10	<10	<10	10	10
Nb	40	40	40	10	30
Ni	<1	2	2	1	2
Rb	50	50	20	20	<20
Sb	<0,2	<0,4	<0,2	<0,2	<0,2
Sc	26,0	27,5	27,0	31,6	28,7
Se	16	9	<3	<3	<3
Sr	40	50	50	30	30
Ta	<1	<1	<3	<1	2
Th	1,7	1,3	2,6	1,4	1,3
U	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6
V	10	20	<10	10	20
W	13	<3	<3	<3	<3
Y	60	50	100	70	50
Zr	310	240	350	310	240
Terres rares (ppm)					
La	17,1	8,2	14,3	10,1	14,4
Ce	59	23	46	35	37
Nd	33	22	29	20	24
Sm	8,9	<0,1	10,1	7,5	6,8
Eu	1,6	<0,2	2,1	1,5	1,4
Yb	8,6	6,6	9,9	7,6	6,3
Lu	1,40	1,19	1,60	1,20	1,00

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

TABLEAU B-4 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe à travers la veine New Vein à la mine Norbeau

	BD-PB-509-85* Veine** de quartz	BD-PB-510-85 Veine de quartz	BD-PB-511-85 Veine de quartz	BD-PB-512-85 Veine de quartz et fragments de ferrogabbro 0,3 m au sud***	BD-PB-514-85 Ferrogabbro à quartz 0,4 m au sud	BD-PB-515-85 Ferrogabbro à quartz 2 4 m au sud
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	-	-	-	55,60	52,70	51,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	7,74	12,20	13,10
TiO <sub>2</sub>	-	-	-	1,24	2,76	3,16
Fer total	-	-	-	12,50	17,90	20,60
FeO	-	-	-	7,83	14,31	16,17
MnO	-	-	-	0,19	0,27	0,30
MgO	-	-	-	1,41	2,88	4,77
CaO	-	-	-	10,70	5,19	1,16
Na <sub>2</sub> O	-	-	-	1,67	2,56	2,19
K <sub>2</sub> O	-	-	-	0,16	0,07	0,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	-	0,25	0,23	0,07
Perte au feu	-	-	-	5,80	4,20	3,75
Total	-	-	-	97,46	100,95	100,60
CO <sub>2</sub>	-	-	-	7,60	3,24	0,13
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	-	-	-	0,10	0,15	0,35
S	1,99	1,10	1,55	1,80	0,13	<0,01
Fe	-	-	-	9,5	13,0	16,6
Ti	-	-	-	0,51	1,14	1,50
Éléments traces (ppm)						
V	-	-	-	11	22	120
Cr	-	-	-	2	2	<1
Mn	-	-	-	1646	2134	2320
Co	-	-	-	11	39	26
Ni	-	-	-	<1	<1	3
Se	-	-	-	6	9	<5
Cd	-	-	-	<1	<1	<1
Sn	-	-	-	<10	<10	<10
Sb	-	-	-	5	<5	<5
Te	-	-	-	<10	16	15
W	-	-	-	<10	<10	<10
Bi	-	-	-	2	<2	<2
U	-	-	-	<10	<10	<10
Rb	-	-	-	3	<1	<1
Sr	-	-	-	31	32	11
Zr	-	-	-	60	131	80
Y	-	-	-	25	54	38
Sc	-	-	-	-	-	-
Hf	-	-	-	-	-	-
Cu	67	39	12	115	16	2
Zn	96	158	59	112	146	193
As	>2000	>2000	>2000	230	88	34
Mo	<5	7	<5	2	2	2
Ag	1,1	>100,5	0,8	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	56	18	13	39	32	27
Au (ppb)	12000	327	5350	109	6	5

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la zone minéralisée

TABLEAU B-4 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe à travers la veine New Vein à la mine Norbeau (suite)

	BD-PB-516-85* Ferrogabbro** à quartz 7,0 m***	BD-PB-518-85 Ferrodiorite à quartz 0,6 m au nord	BD-PB-520-85 Ferrodiorite à quartz 0,9 m au nord	BD-PB-521-85 Ferrodiorite à quartz 3,0 m au nord	BD-PB-523-85 Ferrodiorite à quartz 6,7 m au nord	BD-PB-524-85 Ferrodiorite à quartz 7,6 m au nord
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	46,30	48,30	53,50	53,20	52,90	53,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,00	12,30	11,10	10,90	12,70	11,40
TiO <sub>2</sub>	4,04	1,85	1,43	1,43	2,16	2,54
Fer total	22,00	13,50	11,00	14,30	18,20	16,70
FeO	13,70	8,73	7,83	11,38	13,20	13,15
MnO	0,33	0,25	0,26	0,21	0,19	0,27
MgO	4,32	2,54	1,34	1,77	2,54	2,14
CaO	6,04	9,84	7,79	5,24	2,97	4,04
Na <sub>2</sub> O	2,20	2,22	2,03	2,06	2,80	2,74
K <sub>2</sub> O	0,25	1,24	2,11	1,03	0,25	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,58	0,52	0,40	0,24	0,28
Perte au feu	3,55	6,85	6,45	7,05	3,95	3,10
Total	100,06	99,47	97,53	97,60	98,90	97,07
CO <sub>2</sub>	2,31	6,82	8,02	6,04	1,90	2,74
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	0,25
S	0,96	1,14	1,48	0,07	0,16	0,03
Fe	17,2	9,6	7,8	11,0	12,2	12,0
Ti	2,17	0,80	0,65	0,77	1,23	1,13
Éléments traces (ppm)						
V	167	22	3	3	23	159
Cr	5	<1	<1	<1	4	<1
Mn	3403	2091	2229	1611	1862	2105
Co	71	14	8	11	19	12
Ni	4	2	<1	3	3	1
Se	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cd	<1	3,1	<1	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	<5	8	<5	5
Te	<10	11	13	<10	<10	11
W	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	5	19	30	13	3	<1
Sr	60	74	63	57	32	34
Zr	65	183	240	242	207	155
Y	29	77	87	85	77	59
Sc	-	33,0	24,6	24,8	37,0	44,1
Hf	-	7,4	7,6	7,9	6,4	5,6
Cu	121	15	36	3	17	11
Zn	195	378	41	113	121	93
As	<5	1345	1433	5	<5	27
Mo	12	1	2	1	5	2
Ag	<0,5	<0,5	4,9	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	106	24	22	22	42	27
Au (ppb)	237	235	255	3	23	4

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la zone minéralisée

TABLEAU B-5 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe à travers la veine Sharpe à la mine Norbeau

	BD-PB-536-85* Veine** de quartz -	BD-PB-537-85 Veine de quartz -	BD-PB-538-85 Ferrogabbro à quartz 0,2 m au sud***	BD-PB-539-85 Ferrodiorite à quartz 0,2 m au nord
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	-	-	27,50	29,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	11,70	12,20
TiO <sub>2</sub>	-	-	2,37	2,41
Fer total	-	-	21,10	17,60
FeO	-	-	10,29	11,67
MnO	-	-	0,22	0,29
MgO	-	-	5,13	5,59
CaO	-	-	11,20	17,80
Na <sub>2</sub> O	-	-	0,21	0,39
K <sub>2</sub> O	-	-	1,39	0,80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0,35	0,09
Perte au feu	-	-	4,65	11,45
Total	-	-	85,82	97,61
CO <sub>2</sub>	-	-	8,88	13,84
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	-	-	0,05	0,10
S	0,94	15,30	4,49	2,23
Fe	-	-	14,4	10,1
Ti	-	-	1,04	1,17
Éléments traces (ppm)				
V	134	149	494	791
Cr	<1	<1	7	5
Mn	549	115	2207	2989
Co	15	67	79	69
Ni	3	2	4	4
Se	<5	<5	7	13
Cd	<1	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	7	9	<5
Te	10	20	13	14
W	<10	<10	<10	36
Bi	<2	3	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10
Rb	5	<1	16	8
Sr	32	36	53	85
Zr	34	48	72	45
Y	13	13	31	23
Sc	-	-	-	65,0
Hf	-	-	-	<0,5
Cu	3	63	55	78
Zn	28	24	133	141
As	>2000	>2000	>2000	>2000
Mo	<1	<1	2	3
Ag	<0,5	3,4	<0,5	<0,5
Pb	9	36	30	29
Au (ppb)	2330	>30000	2760	558

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la veine

TABLEAU B-5 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe à travers la veine Sharpe à la mine Norbeau (suite)

	BD-PB-540-85* Ferrodlorite** à quartz 0,3 m au nord***	BD-PB-542-85 Ferrogabbro à quartz 0,3 m au sud	BD-PB-543-85 Ferrogabbro à quartz 1,5 m au sud	BD-PB-545-85 Ferrogabbro à quartz 4,6 m au sud	BD-PB-546-85 Ferrodlorite à quartz 0,9 m au nord
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	25,50	30,00	40,20	36,80	40,90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,80	15,90	11,70	11,60	11,90
TiO <sub>2</sub>	3,25	3,64	3,81	4,17	1,88
Fer total	23,40	23,60	20,30	21,70	17,20
FeO	11,82	14,43	17,54	13,48	14,06
MnO	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28
MgO	5,63	5,93	5,00	5,33	5,48
CaO	9,24	10,10	10,00	8,54	9,68
Na <sub>2</sub> O	0,33	0,32	1,07	0,72	0,11
K <sub>2</sub> O	1,46	1,42	0,11	0,03	0,66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,26	0,10	0,19	0,16	0,23
Perte au feu	3,85	7,45	7,50	10,90	10,40
Total	87,02	98,69	100,13	100,21	98,72
CO <sub>2</sub>	7,19	6,54	5,60	9,46	7,32
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,20	0,10	0,05	0,10	0,10
S	4,68	0,56	0,37	0,21	0,14
Fe	15,3	14,8	15,9	15,2	11,2
Ti	1,78	1,40	1,51	0,85	0,76
Éléments traces (ppm)					
V	895	730	958	1070	451
Cr	8	2	<1	1	<1
Mn	2049	2221	2420	2042	2360
Co	80	93	112	63	44
Ni	6	5	3	30	3
Se	8	<5	<5	<5	<5
Cd	<1	<1	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	<5	7	<5
Te	14	<10	<10	15	<10
W	60	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10	<10
Rb	19	1	<1	<1	10
Sr	43	36	34	56	81
Zr	66	46	41	25	68
Y	28	22	21	14	23
Sc	70,4	-	-	-	47,5
Hf	2,0	-	-	-	1,9
Cu	72	77	116	418	12
Zn	148	165	181	196	116
As	>2000	356	113	38	48
Mo	5	7	2	2	1
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	34	31	30	25	24
Au (ppb)	782	33	10	9	9

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la veine

TABLEAU B-5 — Analyse des éléments majeurs et des éléments traces, coupe à travers la veine Sharpe à la mine Norbeau (suite)

	BD-PB-547-85* Ferrodiorite** à quartz 1,8 m au nord***	BD-PB-548-85 Ferrodiorite à quartz 3,0 m au nord	BD-PB-549-85 Ferrodiorite à quartz 6,1 m au nord	BD-PB-550-85 Ferrodiorite à quartz 7,6 m au nord
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	39,00	39,50	49,60	51,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,80	11,40	12,50	11,50
TiO <sub>2</sub>	2,99	3,30	3,33	2,18
Fer total	17,30	18,70	18,20	15,80
FeO	14,06	16,24	14,64	9,21
MnO	0,29	0,30	0,26	0,24
MgO	4,83	5,46	3,98	3,23
CaO	10,00	8,47	4,49	7,19
Na <sub>2</sub> O	1,05	0,31	2,33	2,75
K <sub>2</sub> O	0,76	0,28	0,11	0,35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16	0,17	0,29	0,35
Perte au feu	10,00	9,60	2,50	3,10
Total	99,18	97,50	97,59	97,69
CO <sub>2</sub>	7,66	6,38	1,98	3,28
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,15	0,10	0,15	0,15
S	0,26	0,14	0,04	0,04
Fe	11,9	12,6	11,7	10,3
Ti	1,15	1,26	1,33	0,91
Éléments traces (ppm)				
V	555	648	250	115
Cr	<1	<1	<1	2
Mn	2436	2655	1813	2044
Co	64	65	47	35
Ni	3	2	4	2
Se	<5	<5	15	<5
Cd	<1	<1	<1	<1
Sn	<10	<10	<10	<10
Sb	<5	<5	7	<5
Te	13	12	17	<10
W	<10	<10	<10	<10
Bi	<2	<2	<2	<2
U	<10	<10	<10	<10
Rb	11	4	1	8
Sr	75	63	30	87
Zr	50	47	103	108
Y	21	23	41	63
Sc	61,0	62,9	63,0	46,0
Hf	1,9	1,7	4,6	4,3
Cu	46	24	13	2
Zn	116	138	142	118
As	84	61	37	16
Mo	<1	2	4	4
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	21	25	20	19
Au (ppb)	16	5	3	9

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la veine

**TABLEAU B-6 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Veine Mann et roches encaissantes à la mine Norbeau**

	BD-PB-453-86* Leucogabbro** 6,1 m au nord***	BD-PB-454-86 Veine de quartz -	BD-PB-456-86 Leucogabbro 0,3 m au sud	BD-PB-457-86 Leucogabbro 1,2 m au sud	BD-PB-459-86 Leucogabbro 1,2 m au nord
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	46,5	-	22,2	46,3	47,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,5	-	13,2	5,36	13,8
TiO <sub>2</sub>	0,66	-	0,61	0,56	0,84
Fer total	9,19	-	9,21	14,5	10,5
FeO	6,10	-	7,80	12,1	8,60
MnO	0,15	-	0,18	0,20	0,84
MgO	7,80	-	8,35	18,5	9,62
CaO	13,6	-	23,1	9,31	6,80
Na <sub>2</sub> O	1,58	-	<0,01	<0,01	<0,01
K <sub>2</sub> O	0,08	-	1,48	0,08	1,53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	-	0,05	0,04	0,04
Perte au feu	2,9	-	21,9	4,8	9,5
Total	100,2	-	100,4	100,1	100,3
CO <sub>2</sub>	0,58	-	18	0,52	4,9
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,1	-	3,5	3,3	3,2
S	0,00	1,99	0,00	0,00	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	30	49	42	<0,5	3,5
Zn	83	100	87	96	100
As	16	400	100	98	20
Mo	<5	<10	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	10	45	4	2	<2
Au (ppb)	1	170000	170	4	3
Éléments traces (ppm)					
B	10	-	50	<10	10
Ba	40	<4000	120	70	210
Be	<10	-	<10	<10	<10
Bi	<0,5	-	<0,5	<0,5	<0,5
Br	2	6	<01	<01	<01
Cd	<0,2	<2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	47	<5	48	110	40
Cr	310	30	510	2400	560
Cs	<0,5	<2	<0,5	<0,5	<0,5
Ge	<10	-	<10	<10	<10
Hf	1	<2	1	<1	4
Li	10	-	40	<10	30
Nb	20	-	<20	20	20
Ni	120	5	110	580	81
Rb	20	<100	30	<20	50
Sb	0,8	<1	0,3	0,2	0,3
Sc	54,0	0,5	48,0	37,3	63,0
Se	<4	50	<4	<4	<3
Sr	310	<1000	40	<20	<20
Ta	<1	<2	<1	<1	18
Th	<0,5	<2	<0,5	<0,5	<0,5
U	<0,6	<5	<0,6	<0,5	<0,5
V	200	-	170	160	160
W	<3	<10	9	<3	<4
Y	<20	-	<20	20	<20
Zr	30	-	<20	20	120
Terres rares (ppm)					
La	3,1	2	3,2	2,4	3,3
Ce	4	<13	20	19	20
Nd	6	<20	6	6	6
Sm	1,9	<0,5	1,9	2,0	1,9
Eu	0,7	0,9	0,4	0,6	0,6
Yb	2,3	1,1	2,1	1,7	2,2
Lu	0,32	<0,3	0,35	0,24	0,34

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la veine

**TABLEAU B-7 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Veine n° 1 à la mine Norbeau**

	<b>BD-PB-433-86*</b> <b>Ferrodiorite**</b> <b>à quartz</b> <b>0,9 m à l'ouest***</b>	<b>BD-PB-434-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>4,6 m à l'ouest</b>	<b>BD-PB-435-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>9,1 m à l'ouest</b>	<b>BD-PB-436-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>13,7 m à l'ouest</b>	<b>BD-PB-437-86</b> <b>Ferrodiorite</b> <b>à quartz</b> <b>22,9 m à l'ouest</b>	<b>BD-PB-438-86</b> <b>Ferrogabbro</b> <b>à quartz</b> <b>0,6 m à l'est</b>
Éléments majeurs (% du poids)						
SiO <sub>2</sub>	21,1	39,2	49,8	56,2	58,0	46,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,4	10,9	12,7	13,0	12,0	13,6
TiO <sub>2</sub>	3,20	2,97	2,47	1,47	1,07	1,91
Fer total	20,3	15,9	20,0	13,8	18,4	21,4
FeO	9,10	12,9	16,3	11,1	14,9	17,5
MnO	0,35	0,29	0,17	0,16	0,22	0,16
MgO	4,01	3,86	3,42	3,01	2,25	7,73
CaO	12,0	9,50	4,50	4,27	2,57	2,47
Na <sub>2</sub> O	<0,01	<0,01	<0,01	2,24	1,93	0,35
K <sub>2</sub> O	3,53	2,58	1,21	0,66	0,09	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,11	0,27	0,43	0,30	0,08
Perte au feu	20,3	14,4	6,0	5,1	3,4	6,0
Total	96,3	99,8	100,5	100,4	100,4	100,5
CO <sub>2</sub>	19,0	14,0	3,3	2,8	1,6	0,91
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,80	1,9	3,6	3,7	3,9	5,6
S	4,04	0,13	0,07	0,14	0,00	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)						
Cu	23,0	56	16	10	0,5	230
Zn	47	200	170	110	100	140
As	5200	170	72	160	16	100
Mo	<27	<5	<5	6	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	8	2	<2	4
Au (ppb)	1000	20	1	10	8	6
Éléments traces (ppm)						
B	50	40	20	<10	<10	<10
Ba	190	130	170	140	100	80
Be	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Br	5	<1	<1	<1	1	<1
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	88	78	56	53	21	90
Cr	<10	10	10	10	20	30
Cs	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ge	<10	10	<10	<10	<10	<10
Hf	<5	2	4	8	8	1
Li	<10	20	20	10	10	20
Nb	20	20	<20	40	30	20
Ni	3	3	4	2	2	70
Rb	90	80	30	20	<20	30
Sb	1,1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3
Sc	75,9	69,9	60,9	46,7	34,7	62,0
Se	33	<5	<3	<3	<3	<5
Sr	80	50	30	20	<20	<20
Ta	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Th	<2,7	0,5	0,9	1,6	1,6	0,5
U	<2,7	0,7	<0,6	<0,6	<0,5	<0,6
V	590	530	130	80	10	940
W	55	5	<3	<3	<3	9
Y	<20	30	50	60	50	<20
Zr	30	40	140	300	280	50
Terres rares (ppm)						
La	4,9	5,6	9,5	10,6	14,6	3,3
Ce	<16	33	60	62	75	25
Nd	<27	7	18	17	23	7
Sm	2,2	3,0	6,4	6,5	7,9	1,8
Eu	1,6	1,1	1,6	1,1	1,9	0,7
Yb	2,7	3,5	7,0	8,7	9,6	2,4
Lu	0,44	0,53	1,11	1,38	1,57	0,36

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la veine

**TABLEAU B-7 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Veine n° 1 à la mine Norbeau (suite)**

	BD-PB-439-86* Ferrogabbro** à quartz 1,5 m à l'est***	BD-PB-440-86 Ferrogabbro à quartz 3,0 m à l'est	BD-PB-441-86 Veine de quartz -	BD-PB-420-86 Veine de quartz -	BD-PB-420B-86 Veine de quartz avec sulfures -
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	41,8	41,1	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,1	12,0	-	-	-
TiO <sub>2</sub>	2,48	2,37	-	-	-
Fer total	20,0	20,0	-	-	-
FeO	16,2	15,7	-	-	-
MnO	0,17	0,20	-	-	-
MgO	6,40	7,32	-	-	-
CaO	7,72	7,82	-	-	-
Na <sub>2</sub> O	0,69	0,85	-	-	-
K <sub>2</sub> O	0,04	0,10	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,08	-	-	-
Perte au feu	7,7	8,0	-	-	-
Total	92,2	99,9	-	-	-
CO <sub>2</sub>	4,7	4,7	-	-	-
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,2	3,9	-	-	-
S	8,08	8,10	0,01	0,00	2,61
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	96	460	1,5	240	85
Zn	110	110	10	8	26
As	53	59	610	410	3000
Mo	<5	<5	<10	<10	<50
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5
Pb	<2	6	15	10	5
Au (ppb)	<1	8	1200	940	200
Éléments traces (ppm)					
B	<10	<10	-	-	-
Ba	100	120	<1000	<1000	<4000
Be	<10	<10	-	-	-
Bi	<0,5	<0,5	-	-	-
Br	2	1	5	6	<11
Cd	<0,2	<0,2	<2	<2	<2
Co	88	94	<5	<5	65
Cr	30	30	<10	<10	140
Cs	<0,5	<0,5	<2	<2	<26
Ge	<10	<10	-	-	-
Hf	1	1	<1	<1	<14
Li	10	10	-	-	-
Nb	20	<20	-	-	-
Ni	60	57	<5	<5	20
Rb	30	<20	<100	<100	<300
Sb	0,2	0,3	<1	<1	15
Sc	57,0	61,0	0,6	0,7	17,1
Se	<5	<5	<10	<10	<160
Sr	<20	30	<1000	<1000	<6000
Ta	<1	<1	<2	<2	<14
Th	<0,5	<0,5	<1	<1	<11
U	<0,6	<0,7	<5	<5	<14
V	1300	1200	-	-	-
W	6	<3	<10	<10	<10
Y	20	<20	-	-	-
Zr	<20	40	-	-	-
Terres rares (ppm)					
La	2,8	3,4	<1	<1	7
Ce	19	19	<5	<10	<70
Nd	<5	5	-	-	-
Sm	1,9	1,9	<0,5	<0,5	<0,5
Eu	0,9	0,7	<0,5	<0,5	<0,5
Yb	2,0	2,3	<0,5	<0,5	<15,5
Lu	0,35	0,40	<0,2	<0,2	1,1

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la veine

**TABLEAU B-8 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Veine de quartz découverte à la mine Norbeau**

	BD-PB-193-86* Veine** de quartz -	BD-PB-311-86 Veine de quartz -	BD-PB-312-86 Ferrogabbro à quartz 0,2 m au nord***	BD-PB-313-86 Ferrogabbro à quartz 0,2 m au sud	BD-PB-314-86 Ferrogabbro à quartz 1,2 m au sud
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	-	-	32,7	25,3	39,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	8,78	11,9	13,0
TiO <sub>2</sub>	-	-	1,53	3,74	3,42
Fer total	-	-	12,5	19,1	15,3
FeO	-	-	10,1	10,4	11,7
MnO	-	-	0,32	0,30	0,18
MgO	-	-	4,12	3,88	3,37
CaO	-	-	16,7	11,8	11,3
Na <sub>2</sub> O	-	-	2,68	0,31	0,08
K <sub>2</sub> O	-	-	0,29	2,73	1,79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0,07	0,12	0,19
Perte au feu	-	-	18,6	16,7	8,5
Total	-	-	98,3	98,9	96,1
CO <sub>2</sub>	-	-	20,0	15,0	8,0
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	-	-	1,2	1,0	3,8
S	0,30	0,04	0,22	2,86	0,62
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	17	-	7,5	270	74
Zn	50	50	48	61	100
As	1200	100	790	3000	180
Mo	<10	<10	<5	<27	<27
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	10	10	4	8	2
Au (ppb)	240	120	80	380	20
Éléments traces (ppm)					
B	-	-	270	30	30
Ba	<1000	<1000	30	170	160
Be	-	-	<10	<10	<10
Bi	-	-	<0,5	<0,5	<0,5
Br	<5	<5	<1	<1	<1
Cd	<2	<2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	<5	6	18	100	120
Cr	<10	<10	<10	<10	10
Cs	<2	<2	<0,5	<0,5	<0,5
Ge	-	-	<10	<10	<10
Hf	<1	<1	<1	5	5
Li	-	-	<10	<10	10
Nb	-	-	20	20	<20
Ni	<5	<5	3	3	7
Rb	<100	<100	20	40	40
Sb	<1	<1	<0,2	<1,1	<1,1
Sc	6,9	<0,5	34,1	89,6	86,9
Se	<10	<10	5	<16	33
Sr	<1000	<1000	160	100	<20
Ta	<2	<2	<1	<1	<1
Th	<1	<1	<0,5	<2,7	<2,7
U	<5	<5	<0,6	<2,7	<2,1
V	-	-	150	470	830
W	<10	<10	54	33	99
Y	-	-	<20	20	20
Zr	-	-	<20	110	120
Terres rares (ppm)					
La	<1	<1	<3,1	11,5	9,3
Ce	<5	<5	19	38	27
Nd	<10	<10	6	<27	<27
Sm	<0,5	<0,5	2,1	3,3	3,3
Eu	<0,5	<0,5	1,1	2,2	1,1
Yb	0,7	<0,5	2,3	4,9	3,3
Lu	<0,2	<0,2	0,33	0,77	0,66

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Distance de la veine

**TABLEAU C-1 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Forage S-1003 de l'indice Chibougamau Copper**

	<b>BD-PB-638-86*</b> <b>Ferrogabbro**</b> <b>à quartz</b> <b>217,9 m***</b>	<b>BD-PB-640-86</b> <b>Ferrogabbro</b> <b>à quartz</b> <b>221,3 m</b>	<b>BD-PB-643-86</b> <b>Ferrogabbro</b> <b>à quartz</b> <b>223,0 m</b>	<b>BD-PB-645-86</b> <b>Ferrogabbro</b> <b>à quartz</b> <b>1225,2 m</b>	<b>BD-PB-648-86</b> <b>Ferrogabbro</b> <b>à quartz</b> <b>227,1 m</b>	<b>BD-PB-651-86</b> <b>Ferrogabbro</b> <b>à quartz</b> <b>228,3 m</b>
<b>Éléments majeurs (% du poids)</b>						
SiO <sub>2</sub>	52,2	54,4	51,1	50,4	46,7	53,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,2	13,5	13,1	12,9	10,1	13,5
TiO <sub>2</sub>	1,98	2,11	2,06	1,95	1,58	1,97
Fer total	12,5	10,4	12,7	11,5	14,2	12,6
FeO	6,4	5,7	7,9	5,9	6,9	7,4
MnO	0,26	0,23	0,27	0,26	0,23	0,25
MgO	3,91	4,06	4,14	4,14	3,64	4,05
CaO	8,95	7,92	7,45	12,6	9,26	6,23
Na <sub>2</sub> O	2,98	2,99	2,78	1,42	1,96	2,06
K <sub>2</sub> O	0,24	0,33	0,26	0,39	0,66	0,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	0,23	0,26	0,24	0,21	0,22
Perte au feu	1,70	2,47	4,27	2,47	5,70	3,47
Total	98,2	98,8	98,5	98,4	94,3	98,6
CO <sub>2</sub>	0,12	0,36	2,0	0,24	6,0	0,72
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,5	2,0	2,9	1,5	2,7	2,8
S	0,00	0,10	0,10	0,00	2,24	0,24
<b>Éléments traces métalliques (ppm)</b>						
Cu	76	120	82	20	210	26
Zn	130	110	130	110	190	160
As	11	11	14	2	86	15
Mo	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	4	<2	4	12	2
Au (ppb)	<1	2	61	<1	330	2
<b>Éléments traces (ppm)</b>						
B	7,8	7,6	4,0	<0,5	5,2	0,8
Ba	110	110	100	120	240	110
Be	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	4,0	<0,5
Br	<1	<1	<1	1	<1	1
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	42	33	39	24	150	37
Cr	30	30	30	20	20	30
Cs	<2,0	3,3	<2,0	<1,9	<1,9	<1,9
Ge	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Hf	5	5	5	4	4	4
Li	<10	10	10	<10	20	10
Nb	30	30	20	30	30	30
Ni	33	39	32	25	37	35
Rb	50	40	40	30	30	<20
Sb	0,5	<0,2	0,3	0,5	<0,2	0,3
Sc	49,0	48,0	46,3	42,0	33,2	41,1
Se	<3	<5	<4	<3	<3	<4
Sr	340	890	500	710	100	630
Ta	<1	<1	<1	<1	2	<1
Th	0,8	0,6	1,2	0,6	0,5	0,7
U	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
V	400	440	380	340	240	300
W	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Y	60	30	40	50	30	30
Zr	140	120	130	110	110	120
<b>Terres rares (ppm)</b>						
La	11,0	11,8	11,1	18,5	7,9	9,6
Ce	34	31	30	50	23	25
Nd	17	18	17	26	12	21
Sm	6,2	5,3	5,0	8,0	3,8	4,6
Eu	1,5	1,9	1,2	1,7	1,6	1,2
Yb	5,6	4,3	4,5	6,1	3,4	4,3
Lu	0,93	0,78	0,75	1,00	0,58	0,76

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU C-2 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Indice Bourbeau west-1**

	MY-PB-30-86* Leucogabbro**	BD-PB-103-86 Veine de quartz	BD-PB-104A-86 Leucogabbro	BD-PB-104B-86 Leucogabbro
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	48,0	-	50,7	32,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,6	-	15,8	15,6
TiO <sub>2</sub>	1,12	-	1,12	1,02
Fer total	11,6	-	11,0	10,3
FeO	7,70	-	7,90	-
MnO	0,20	-	0,15	0,17
MgO	7,52	-	6,83	6,31
CaO	9,79	-	6,32	13,4
Na <sub>2</sub> O	1,59	-	1,84	<0,01
K <sub>2</sub> O	0,47	-	0,59	3,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	-	0,14	0,12
Perte au feu	3,2	-	5,6	13,9
Total	99,4	-	100,1	97,0
CO <sub>2</sub>	0,11	-	1,9	13
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,1	-	4,1	1,3
S	0,06	1,09	0,00	0,77
Éléments traces métalliques (ppm)				
Cu	61	7,0	85	15
Zn	110	32	140	54
As	44	6300	32	2000
Mo	<5	<10	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	14	10	6	14
Au (ppb)	<20	320	12	28
Éléments traces (ppm)				
B	<10	-	10	100
Ba	150	<1000	230	610
Be	<10	-	<10	<10
Bi	<0,5	-	<0,5	<0,5
Br	<1	<5	<1	7
Cd	<0,2	<2	<0,2	<0,2
Co	41	31	51	49
Cr	210	280	230	180
Cs	<0,5	<6	<0,5	0,5
Ge	<10	-	<10	<10
Hf	2	<2	2	2
Li	<10	-	10	10
Nb	20	-	<20	20
Ni	85	70	92	91
Rb	20	100	40	100
Sb	0,4	<2	0,5	<0,3
Sc	50,9	35,3	53,3	50,6
Se	<4	<30	<3	<5
Sr	340	<1000	160	120
Ta	<1	<3	<1	<1
Th	<0,5	<2	<0,5	0,5
U	<0,6	<5	<0,6	<0,7
V	240	-	240	240
W	<3	<10	<3	<12
Y	<20	-	<20	20
Zr	50	-	60	60
Terres rares (ppm)				
La	5,4	4	5,3	5,6
Ce	34	17	32	23
Nd	9	<10	6	9
Sm	3,2	1,6	3,1	3,2
Eu	1,2	2,2	1,2	1,2
Yb	3,4	3,7	3,2	3,4
Lu	0,53	0,3	0,48	0,48

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU C-3 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Indice Bourbeau west-2 (forage BO-20)**

	BD-PB-681-86* Leucogabbro**	BD-PB-683-86 Leucogabbro	BD-PB-685-86 Leucogabbro	BD-PB-688-86 Leucogabbro
	261,8 m***	266,5 m	269,4 m	271,2 m
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	50,5	41,8	46,5	47,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,0	14,7	14,6	14,5
TiO <sub>2</sub>	1,05	1,09	1,04	1,22
Fer total	8,19	12,0	9,22	8,57
FeO	5,40	9,60	7,60	7,00
MnO	0,23	0,25	0,20	0,17
MgO	5,86	7,18	5,42	5,30
CaO	11,6	10,4	10,6	10,1
Na <sub>2</sub> O	2,39	0,57	<0,01	0,02
K <sub>2</sub> O	0,13	1,12	2,07	2,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,13	0,13	0,15
Perte au feu	3,7	11,3	9,9	10,8
Total	99,8	100,8	99,8	100,2
CO <sub>2</sub>	1,7	7,8	8,1	7,6
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,0	4,5	1,7	2,9
S	0,01	0,01	0,00	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)				
Cu	31	4,5	36	9,0
Zn	71	76	60	61
As	25	22	49	80
Mo	<5	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	<2	14	10
Au (ppb)	9	2	1	33
Éléments traces (ppm)				
B	<10	10	30	30
Ba	90	450	550	720
Be	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Br	<1	1	10	<1
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	61	95	37	44
Cr	210	170	130	110
Cs	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ge	10	<10	<10	<10
Hf	3	2	2	3
Li	10	40	40	40
Nb	<20	<20	<20	<20
Ni	89	63	88	71
Rb	20	20	60	80
Sb	0,5	0,3	0,2	0,2
Sc	55,1	54,2	44,7	53,8
Se	<4	<3	<3	<3
Sr	220	40	50	50
Ta	18	18	17	18
Th	0,7	0,6	<0,5	0,6
U	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5
V	230	220	220	230
W	<4	<4	<3	<4
Y	20	20	20	40
Zr	60	60	60	80
Terres rares (ppm)				
La	5,2	5,0	4,8	5,7
Ce	32	29	25	34
Nd	9	10	6	12
Sm	3,3	2,8	2,7	3,4
Eu	0,9	0,6	0,6	1,2
Yb	3,7	5,0	3,2	3,8
Lu	0,53	0,80	0,50	0,57

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU C-3 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Indice Bourbeau west-2 (forage BO-20) (suite)**

	BD-PB-691-86* Leucogabbro**	BD-PB-86-86 Leucogabbro	BD-PB-88-86 Leucogabbro
	274,0 m***	-	-
Éléments majeurs (% du poids)			
SiO <sub>2</sub>	50,4	43,1	45,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,1	14,0	13,2
TiO <sub>2</sub>	1,30	1,63	1,32
Fer total	10,2	9,10	7,36
FeO	6,50	5,80	5,80
MnO	0,19	0,36	0,30
MgO	5,21	5,05	4,00
CaO	9,73	9,69	13,08
Na <sub>2</sub> O	1,84	0,46	<0,01
K <sub>2</sub> O	0,10	2,07	2,09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16	0,18	0,15
Perte au feu	6,1	14,3	13,0
Total	100,4	100,0	100,5
CO <sub>2</sub>	2,9	12,0	10,0
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,4	1,6	1,7
S	0,00	0,74	0,06
Éléments traces métalliques (ppm)			
Cu	56	93	130
Zn	150	41	65
As	3	1400	110
Mo	<5	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	<2	8	6
Au (ppb)	3	33	2
Éléments traces (ppm)			
B	<10	30	40
Ba	90	450	510
Be	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5
Br	<1	<1	<1
Cd	<0,2	<0,2	<0,2
Co	46	45	37
Cr	120	50	60
Cs	11,3	<0,5	<0,5
Ge	<10	<10	<10
Hf	3	3	3
Li	20	10	40
Nb	20	<20	30
Ni	65	54	46
Rb	20	60	70
Sb	0,3	<0,2	0,2
Sc	59,2	51,5	53,7
Se	<3	<5	<4
Sr	220	70	80
Ta	17	<1	<1
Th	0,7	0,7	0,5
U	<0,5	<0,8	<0,6
V	280	330	310
W	<4	7	<4
Y	40	20	30
Zr	70	100	70
Terres rares (ppm)			
La	7,8	8,8	7,5
Ce	37	46	39
Nd	11	10	10
Sm	3,8	4,3	3,9
Eu	1,4	1,7	0,7
Yb	3,7	4,1	3,6
Lu	0,58	0,62	0,55

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

\*\*\* Profondeur

**TABLEAU C-4 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Indice du ruisseau Leclerc**

	MY-PB-05-86* Ferrogabbro** à quartz	BD-PB-06-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-08-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-09-86 Ferrogabbro à quartz
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO <sub>2</sub>	31,5	-	51,3	50,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,8	-	13,3	12,8
TiO <sub>2</sub>	1,29	-	1,90	1,79
Fer total	14,6	-	12,5	14,5
FeO	7,80	-	9,80	11,2
MnO	0,19	-	0,17	0,16
MgO	5,63	-	3,41	4,20
CaO	7,68	-	6,39	5,96
Na <sub>2</sub> O	1,92	-	2,68	2,14
K <sub>2</sub> O	3,28	-	0,51	0,33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	-	0,24	0,23
Perte au feu	12,1	-	6,1	6,4
Total	95,1	-	98,5	98,9
CO <sub>2</sub>	12,0	-	4,7	4,3
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2,1	-	3,4	3,9
S	2,24	1,25	0,39	0,30
Éléments traces métalliques (ppm)				
Cu	42	20	210	87
Zn	86	40	88	95
As	650	370	21	38
Mo	6	<10	<5	5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	24	20	12	14
Au (ppb)	62	67	24	4
Éléments traces (ppm)				
B	20	<1000	<10	<10
Ba	320	-	130	140
Be	<10	-	<10	<10
Bi	<0,5	-	<0,5	<0,5
Br	2	<5	1	<1
Cd	<0,2	<2	<0,2	<0,2
Co	38	27	42	61
Cr	20	20	20	20
Cs	<0,5	<2	<0,5	<0,5
Ge	<10	-	<10	<10
Hf	3	2	4	4
Li	<10	-	10	20
Nb	20	-	20	<20
Ni	46	35	33	38
Rb	90	<100	20	20
Sb	<0,2	<1	0,2	0,4
Sc	49,4	26,7	54,4	52,8
Se	<5	<10	<3	7
Sr	300	<1000	160	160
Ta	<1	<2	<1	<1
Th	0,7	<1	0,7	0,8
U	<0,7	<5	<0,6	<0,5
V	380	-	330	360
W	15	<10	3	<3
Y	<20	-	40	30
Zr	90	-	150	130
Terres rares (ppm)				
La	7,2	4	9,7	8,0
Ce	42	29	57	52
Nd	9	<10	16	12
Sm	3,3	2,1	5,2	5,1
Eu	0,9	<0,5	1,7	1,4
Yb	3,5	2,3	5,6	5,5
Lu	0,53	0,3	0,89	0,90

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche

**TABLEAU C-5 — Analyse des éléments majeurs, des éléments traces métalliques, des éléments traces et des terres rares. Indice Springer**

	BD-PB-271-86* Ferrogabbro** à quartz	MY-PB-274-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-275-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-276-86 Ferrogabbro à quartz	BD-PB-281-86 Ferrogabbro à quartz
Éléments majeurs (% du poids)					
SiO <sub>2</sub>	48,8	47,3	49,0	51,2	51,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,4	15,8	13,7	13,3	13,5
TiO <sub>2</sub>	1,67	2,20	1,93	1,72	1,71
Fer total	12,1	18,1	14,7	14,5	11,5
FeO	9,50	14,8	1,40	9,70	9,30
MnO	0,20	0,24	0,04	0,23	0,16
MgO	4,65	6,32	1,13	4,38	5,11
CaO	8,71	2,03	3,02	10,2	6,10
Na <sub>2</sub> O	2,91	2,81	6,36	2,42	2,55
K <sub>2</sub> O	0,12	0,17	0,39	0,30	0,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,21	0,24	0,24	0,21	0,19
Perte au feu	7,8	4,4	9,2	1,3	7,4
Total	99,6	99,6	99,7	99,8	100,0
CO <sub>2</sub>	5,6	0,02	1,7	0,06	4,3
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3,6	3,8	2,0	1,7	3,2
S	0,06	0,07	5,98	0,00	0,00
Éléments traces métalliques (ppm)					
Cu	300	20	35	5,0	47
Zn	95	130	21	94	66
As	12	16	33	17	5
Mo	<5	<6	10	<5	<5
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Pb	4	10	14	20	4
Au (ppb)	1	1	48	40	79
Éléments traces (ppm)					
B	<10	<10	70	<10	<10
Ba	80	140	180	120	140
Be	<10	<10	<10	<10	<10
Bi	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Br	<1	<5	<5	2	<1
Cd	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Co	35	44	71	47	21
Cr	20	40	30	10	30
Cs	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ge	<10	<10	10	<10	<10
Hf	4	5	5	4	3
Li	10	10	30	20	20
Nb	<20	30	20	30	20
Ni	39	45	36	34	44
Rb	<20	<20	<20	20	30
Sb	0,3	1,1	1,1	2,1	0,2
Sc	52,8	63,2	39,0	55,5	51,5
Se	<3	<16	<7	<3	<3
Sr	50	<20	50	160	60
Ta	<1	<1	<1	<1	<1
Th	0,8	1,1	1,4	1,1	0,9
U	<0,6	<1,0	<1,9	0,8	<0,5
V	330	400	150	350	310
W	<3	16	27	<3	<3
Y	30	30	40	30	50
Zr	100	180	140	120	120
Terres rares (ppm)					
La	7,8	9,3	7,7	7,3	7,1
Ce	48	38	44	47	41
Nd	13	18	<27	11	11
Sm	4,9	4,9	4,9	4,7	4,1
Eu	2,0	1,6	2,7	1,5	0,8
Yb	5,0	6,6	4,4	5,6	5,1
Lu	0,80	0,93	0,77	0,86	0,78

\* N° d'échantillon

\*\* Type de roche



Gouvernement du Québec  
Ministère de l'Énergie et des Ressources (Mines)  
Direction générale de l'exploration géologique et minérale

