

MB 87-40

GEOLOGIE DE LA MINE CAMFLO - REGION DE MALARTIC -

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 



SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

Géologie de la mine Camflo – Région de Malartic –

Pierre Sauvé
IREM – MERI

Alex Makila
Société minière Barrick Inc.

Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit tel que soumis par l'auteur sauf pour une mise en page sommaire destinée à assurer une qualité convenable de reproduction.

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.

TABLE DES MATIERES

Titre	i
Table des matières	ii
Liste des figures	iv
Liste des photos	vi
Liste des tableaux	vii
Chapitre I. Localisation	1
Chapitre II. Historique et production	1
Chapitre III. Travaux géologiques antérieurs	4
Chapitre IV. Cadre géologique de la mine	4
IV.1. Géologie régionale	4
IV.2. Géologie locale	8
IV.3. Roches encaissantes	11
IV.3.1. Roches volcaniques	11
IV.3.2. Ferrodiorite, granophyre ("diorite silicifiée")	13
IV.3.3. Roches métasédimentaires	18
IV.3.4. Stock de monzonite quartzifère de Camflo	22
IV.4. Structure	26
IV.5. Métamorphisme et altération régionale.	29
Chapitre V. Géologie économique	31
V.1. Introduction	31
V.2. Description des corps minéralisés	32
V.2.1 Minéralisation dans le stock de Camflo	32
V.2.1.1. Aspect et distribution du minerai.	32
V.2.1.2. Déformation et altération du stock	33
V.2.1.3. Minéralogie	43
V.2.1.4. Géochimie	45
V.2.2 Minéralisation de failles hors du stock	46
V.2.2.1. Aspect et distribution du minerai	46

TABLE DES MATIERES (suite)

V.2.2.2. Structures favorables	48
V.2.2.3. Altération	49
V.2.2.4. Minéralogie.	49
V.2.2.5. Géochimie	50
V.2.2.6. Halo de magnétite	51
V.3. Discussion	53
V.3.1. Âge relatif des minéralisations dans et hors du stock	53
V.3.2. Séquence chronologique	53
V.3.3. Contrôles de la minéralisation	56
V.3.3.1. Contrôle chimique	56
V.3.3.2. Contrôle structural	56
V.3.4. Genèse de la minéralisation.	57
V.4. Conclusions	59
Remerciements	61
Bibliographie	62

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 Situation géographique et cadre géologique de la mine Camflo. La mine Camflo est dans un stock porphyrique situé dans un petit pli E-W de deuxième phase. Modifié de Latulippe (1976), Imreh (1984) et de la compilation géoscientifique du Ministère de l'Énergie et des Ressources 6
- Figure 2 Plans superposés montrant la forme du stock de Camflo à divers niveaux ainsi que le contact entre les roches volcaniques du Malartic et les roches sédimentaires du Kewagama. La plongée de 55° de la cheminée s'accroît légèrement en profondeur. Cette plongée est identique à celle des axes de plis aux niveaux supérieurs 10
- Figure 3 Diagramme AFM. Les andésites calco-alcalines se distinguent bien des ferrodiorites tholéiitiques. Le stock de Camflo est riche en Na et K 19
- Figure 4 Pâles des failles tardives notées sur les plans des niveaux 1 900 (580 m) à 2 700 (825 m). A: près du stock; B: secteur est de la mine. La direction moyenne des failles se modifie près du stock 30
- Figure 5 Plan du niveau 2 400. Le minerai forme des zones EW dans le stock. Il est contrôlé par les failles tardives hors du stock 34
- Figure 6 Coupe verticale NS du stock de Camflo 30 m à l'ouest du puits. Le minerai est dans la partie nord du stock et forme deux zones qui coalescent localement 35

- Figure 7 Coupe longitudinale projetée sur un plan vertical EW. Le stock et les zones minéralisées plongent au NE. Le stock traverse sur les terrains de Malartic Hygrade aux niveaux 2 250 à 2 700. D'après le rapport annuel de la mine Camflo, 1979. . 36
- Figure 8 Diagramme CaO vs CO₂. Tout le calcium du stock de monzonite est essentiellement contenu dans la calcite (d'après Chainey, 1983) 42
- Figure 9 Le soufre est concentré dans la partie nord du stock de monzonite. Coupe transversale du stock projetée sur un plan vertical NS (d'après Chainey, 1983) 44
- Figure 10 Profils géochimiques au travers d'une zone minéralisée hors du stock: faille "A" dans les schistes pélitiques, niveau 900 . . 52
- Figure 11 Schéma illustrant la suite possible des événements à la mine Camflo, vues en plan. 55

LISTE DES PHOTOS

- Photo 1 Monzonite quartzifère de Camflo. Le feldspath potassique coloré au cobaltinitrite est foncé. Texture idiomorphe, noyau d'albite entourée de perthite, zones de croissances alternativement riches en albite et en microcline. (Échantillon de Chainey, nicol simple, X 10) 38
- Photo 2 Monzonite de Camflo. Cristaux idiomorphes de mésoperthite (albite pâle, microcline plus foncée) et quartz interstitiel (en partie blanc). Non cataclasée, ce qui est rare dans le stock (nicols croisés, X 10) 39
- Photo 3 Monzonite de Camflo, texture usuelle légèrement cataclasée. Petits grains granoblastiques en feldspath et de quartz entre les grains subidiomorphes de microcline-perthite (nicols croisés, X 10). 39
- Photo 4 Monzonite fortement cataclasée et albitisée. Gros grains d'albite à macles courbées (nicols croisés, X 10) 40
- Photo 5 Monzonite altérée constituée essentiellement d'albite en bordure d'une veine de quartz. Grains d'albite finement maclée qui ont remplacé des grains de perthite de dimension comparable (nicols croisés, X 10) 40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Principales unités lithostratigraphiques de la région de Malartic.	7
Tableau 2	Séquence stratigraphique dans la mine Camflo.	12
Tableau 3	Caractéristiques pétrographiques des roches volcaniques et des filons-couches, mine Camflo	14
Tableau 4	Composition chimique des laves, filons-couches et roches sédimentaires, mine Camflo, analyses de Chainey (1983).	15
Tableau 5	Texture, altération et minéralogie du stock de Camflo	24
Tableau 6	Composition chimique de la monzonite quartzique porphyrique de Camflo, d'après Chainey (1983)	25
Tableau 7	Éléments structuraux à la mine Camflo.	28

Géologie de la mine d'or Camflo
(Société minière Barrick et Malartic Hygrade)

Par Pierre Sauvé et Alex Makila

Caractéristiques du gîte

La majeure partie du minerai provient d'un petit stock ou cheminée de monzonite quartzifère porphyrique. Le stock est fracturé, légèrement pyritisé, et contient de nombreuses veinules de quartz aurifère. Le minerai se rencontre également le long de failles, hors du stock.

I. LOCALISATION

La mine Camflo, filiale de la Société extractive American Barrick, est située à 7 km au nord-est de la ville de Malartic (figure 1) et à 20 km à l'ouest de la ville de Val d'Or. Le puits est dans la partie nord du lot no 54, rang I du canton Malartic (longitude 78°02'12'', latitude 48°09'15''). Le gisement plonge vers le nord-est et se prolonge jusque sur la propriété de Malartic Hygrade Gold Mines (Canada) Ltd.

II. HISTORIQUE ET PRODUCTION

Le secteur de la mine n'affleure pas. La découverte fut faite en

forant des anomalies magnétiques.

Les claims furent achetés pour 5 000\$ comptant en 1962 par la compagnie Camflo Matagami Mines Ltd (qui devint plus tard Camflo Mines Ltd, puis Société minière American Barrick Inc.). Un levé magnétométrique fut suivi d'une campagne de 3 sondages. Les deux premiers rencontrèrent le stock de porphyre stérile et une formation de fer. Le troisième recoupa une ferrodiorite stérile. Il était déjà terminé quand M. Gordon Cameron, vice-président de Camflo Matagami, décida de le prolonger de 30 mètres. Il recoupa alors une diorite altérée et aurifère. Une nouvelle campagne de sondage montra d'abord que la zone de la découverte était de peu d'étendue. Finalement, un forage profond (no 13) recoupa le porphyre minéralisé et 22 autres forages indiquèrent bientôt la présence de 1 100 000 tonnes métriques de minerai à une teneur de 7 g/t Au à moins de 300 mètres de profondeur.

Le fonçage du puits débuta à l'été 1963 et la production en juin 1965. Le minerai fut d'abord traité à l'usine de Malartic Gold Fields ce qui permit de s'assurer de la viabilité de l'entreprise avant que ne débute la construction d'une usine de concentration sur place. Celle-ci fut terminée en 1969. Sa capacité journalière de 900 tonnes métriques de minerai fut portée à 1 130 tonnes en 1975.

La cheminée de porphyre minéralisé plonge à 55° vers le nord-est. Elle traverse la limite nord de la propriété Barrick (Camflo) à une profondeur d'environ 800 m et se prolonge sur les terrains de la société Malartic Hygrade. Ce prolongement est exploité conjointement par les deux sociétés à la suite d'une entente intervenue en 1980. De même, le

"minerai de diorite" se prolonge en profondeur sur les terrains de Willroy Mines Ltd, à l'est des terrains de Barrick. Un peu de minerai y est présentement miné suite à une entente intervenue en 1972.

Au 1^{er} janvier 1986, la mine avait produit 46,0 tonnes d'or (1,48 million onces Troy) du secteur Camflo ou Barrick et 5,0 tonnes (161 000 oz) des terrains de Malartic Hygrade couverts par l'entente. La répartition entre les divers types de minerai décrits plus loin est la suivante:

<u>Roches-hôtes</u>	<u>Minerai extrait</u> (tonnes métriques)	<u>Secteur</u>
cheminée de porphyre	6 016 000 tonnes à 6,9 g/t 747 000 tonnes à 6,7 g/t -----	Camflo (Barrick) Mal. Hygrade
Sous total:	6 763 000 6,9	
diorite et roches volcaniques	889 000 tonnes à 4,3 g/t	Camflo*
roches sédimentaires	124 000 tonnes à 5,0 g/t -----	Camflo
Total:	7 776 000 tonnes 6,6 g/t	

Les réserves prouvées et probables étaient, à cette même date, de 2 253 000 tonnes à 3,3 g/t. Le puits atteint présentement la profondeur de 1 235 mètres (4 056 pieds) et les niveaux inférieurs sont encore au stade de développement. L'exploitation se fait surtout par grands chantiers ouverts et le coût d'extraction par tonne de minerai est parmi les plus bas des mines souterraines canadiennes.

* Inclus un peu de minerai miné sur les terrains de Willroy Mines Ltd (maintenant Minerais Lac) à l'est de ceux de Barrick.

III. TRAVAUX GÉOLOGIQUES ANTÉRIEURS

La géologie de la mine a été décrite de façon succincte par Meikle (1970) et dans certains livrets-guides d'excursions géologiques (Latulippe, 1976; Makila, 1980). Des thèses de 1^{er} cycle, non publiées, ont été préparées par Mahoney (1968) et Parry (1977) sur la pétrographie du porphyre minéralisé. Dans une thèse de maîtrise, Chainey (1983) a fourni un grand nombre de données géochimiques originales sur la mine. Perrault et Giovenazzo (1983) et Alderton (1984) ont effectué de courtes études minéralogiques du minerai.

Le présent rapport résume ces travaux ainsi que toutes les données de la mine et ajoute plusieurs données pétrographiques additionnelles.

IV. CADRE GÉOLOGIQUE DE LA MINE

IV.I. Géologie régionale

La région de Malartic est dans la ceinture volcanique archéenne de l'Abitibi. Dans une description maintenant classique, Gunning et Ambrose (1940) ont distingué les diverses unités lithologiques et fourni une interprétation stratigraphique et structurale tout en soulignant le caractère hypothétique de cette interprétation. Près de 50 ans plus tard, les unités lithologiques sont exactement les mêmes, mais leur nomenclature a été localement modifiée. Les complexités structurales sont mieux appréciées mais les corrélations stratigraphiques restent controversées. Des synthèses récentes ont essayé de replacer tout le

secteur dans son cadre évolutif paléogéographique et tectonique (Dimroth et al., 1982, 1983a, 1983b; Imreh, 1984; Hubert et al., 1984; Ludden et al., 1986).

Le tableau 1 donne un aperçu des principales unités lithostratigraphiques et de leur composition et la figure 1 montre leur distribution. A noter que la nomenclature stratigraphique ne fait pas l'unanimité. Comme l'ont indiqué Gunning et Ambrose (1940), la structure est dominée par un synclinal majeur centré sur le Groupe de Cadillac et par la faille de Cadillac plus au sud (figure 1). Norman (1942) a souligné la nature asymétrique du synclinal et mis en doute certaines corrélations (Kewagama avec le Pontiac et Blake River avec ce que nous appelons maintenant Piché). Il croit aussi à la présence de failles longitudinales majeures au nord du synclinal, par exemple entre les Groupes de Kewagama et de Blake River (Norman, 1948).

La déformation tectonique polyphasée est commune en Abitibi (Dimroth et al., 1983a; Hubert et al., 1984). Babineau (1983) a montré que les roches du Groupe de Malartic, qui sont de direction N 120° et penchées à la verticale par une première phase de plissement, sont localement reprises par une deuxième phase de plis P₂ de direction E-W. Un tel pli anticlinal est présent à 1 km au nord de la mine Camflo (figure 1). Il est accompagné d'une schistosité locale E-W subverticale S₂. Les roches massives montrent des cassures de direction à peu près E-W. Nous insistons sur cette deuxième phase de plis car elle semble capitale dans le développement de la minéralisation: le stock de Camflo s'est apparemment injecté durant cette phase de déformation.

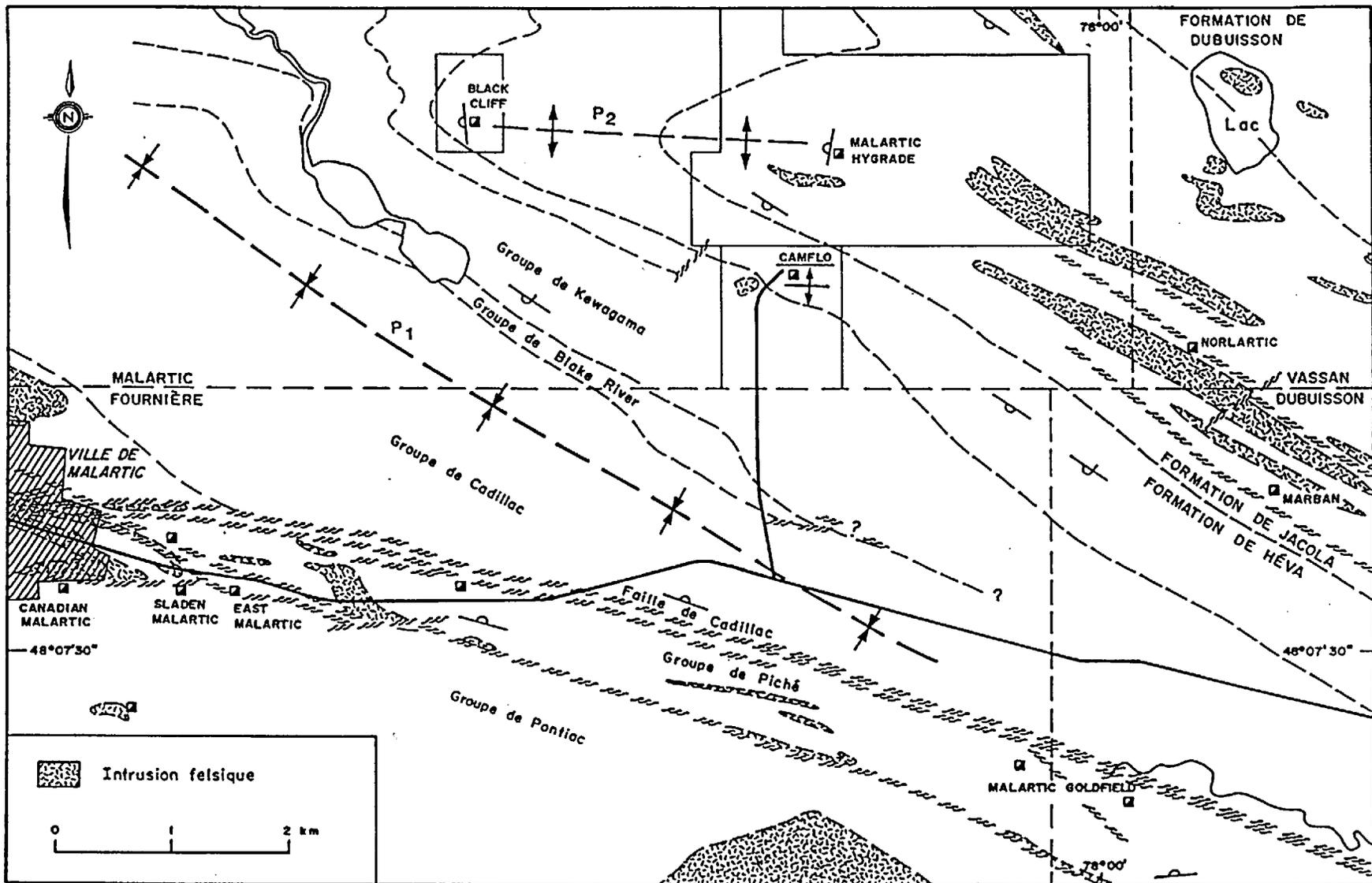


Figure 1 Situation géographique et cadre géologique de la mine Camflo. La mine Camflo est dans un stock porphyrique situé dans un petit pli E-W de deuxième phase. Modifié de Latulippe (1976), Imreh (1984) et de la compilation géoscientifique du Ministère de l'Énergie et des Ressources.

TABLEAU 1. Principales unités lithostratigraphiques de la région de Malartic

<u>Au sud du synclinal majeur de Malartic ou Cadillac:</u>		
groupes		
Cadillac		schistes métasédimentaires, grauwackes, conglomérats, formations de fer
Piché		laves ultramafiques et basaltiques
Pontiac		schistes métasédimentaires
<u>Au nord du synclinal majeur de Malartic ou Cadillac:</u>		
groupes		formations
Cadillac		schistes métasédimentaires, grauwackes, conglomérats
Blake River		laves mafiques
Kewagama		schistes métasédimentaires, grauwackes, mudstones, tufs
Malartic supérieur	Héva	laves calco-alcalines et tholéiitiques, filons couches de gabbro-diorite
Malartic inférieur	Jacola Dubuisson	laves ultramafiques, basaltes basaltes tholéiitiques, un peu de laves ultramafiques

Les termes de la nomenclature stratigraphique ont été proposés par Gunning et Ambrose (1940), Wilson (1962), Latulippe (1976) et Imreh (1976).

La mine Camflo est située sur le flanc nord du synclinal majeur, à 3 km au nord de la faille de Cadillac et à 1,5 km au nord de la faille possible longeant le Groupe de Blake River (Norman, 1948). Elle est près du contact entre la séquence volcanique du Malartic et les roches métasédimentaires du Kewagama. Une grande partie de la minéralisation est comprise dans un petit stock ou cheminée intrusive felsique qui, incidemment, est de dimensions comparables à celles de la cheminée principale de la mine Lamaque. La mine est à l'extrémité ouest d'une concentration d'intrusions felsiques qui sont particulièrement abondantes près de la mine Norlartic (figure 1). Un autre groupe d'intrusions semblables se retrouve près du vieux camp minier de Malartic. La minéralisation aurifère est fréquemment associée spatialement à ces intrusions.

IV.2. GÉOLOGIE LOCALE

Les roches de la mine Camflo montrent un contact abrupt entre une séquence de roches volcaniques injectées de filons-couches mafiques et une séquence de roches sédimentaires clastiques avec des membres caractéristiques de conglomérat et de formation de fer. Il s'agit sans doute du contact entre la Formation de Héva (partie sommitale du Malartic) et le Groupe de Kewagama même si ce contact, à l'extérieur de la mine, semble souvent graduel et mal défini.

Les couches stratigraphiques de la mine, de direction N 115° et pendage 55-60° NE, sont affectées par un petit pli EW. Le contact entre

les roches volcaniques et sédimentaires ne forme qu'une faible ondulation près de la surface mais celle-ci s'accroît en profondeur pour former un "Z" bien marqué (figure 2). L'axe du pli plonge à 55° dans une direction de N 55 E. Il appartient à la famille des plis de phase 2 distinguée par Babineau (1983).

Un petit stock ou cheminée de monzonite quartzifère porphyrique s'est injecté dans les roches sédimentaires tout près du contact avec les roches volcaniques. L'axe du stock est parallèle à l'axe du pli de phase 2 dans les niveaux supérieurs de la mine. Des apophyses ou dykes périphériques au stock sont contrôlés par des fractures E-W présumément associées au pli. Le stock est relativement tardif. Il s'est mis en place après le début de la phase 2 de plissement. Il semble contemporain à cette phase car il est légèrement déformé et cataclasé. Nous verrons plus loin que les zones minéralisées qu'il contient ont une direction approximative E-W.

Malgré son aspect frais, le stock contient partout un peu de pyrite et passablement de calcite et de biotite secondaires. Il est recoupé par un réseau complexe de veines et veinules de quartz aurifère.

Le minerai forme de grandes lentilles épaisses et il peut constituer jusqu'à 20 ou 25% du stock à certains niveaux. La distinction visuelle entre minerai et porphyre stérile est généralement impossible.

Une famille de failles recoupe obliquement (souvent à 5 ou 15°) toutes les roches y compris le stock. A leur rencontre avec des lithologies ou structures favorables, ces failles forment localement des

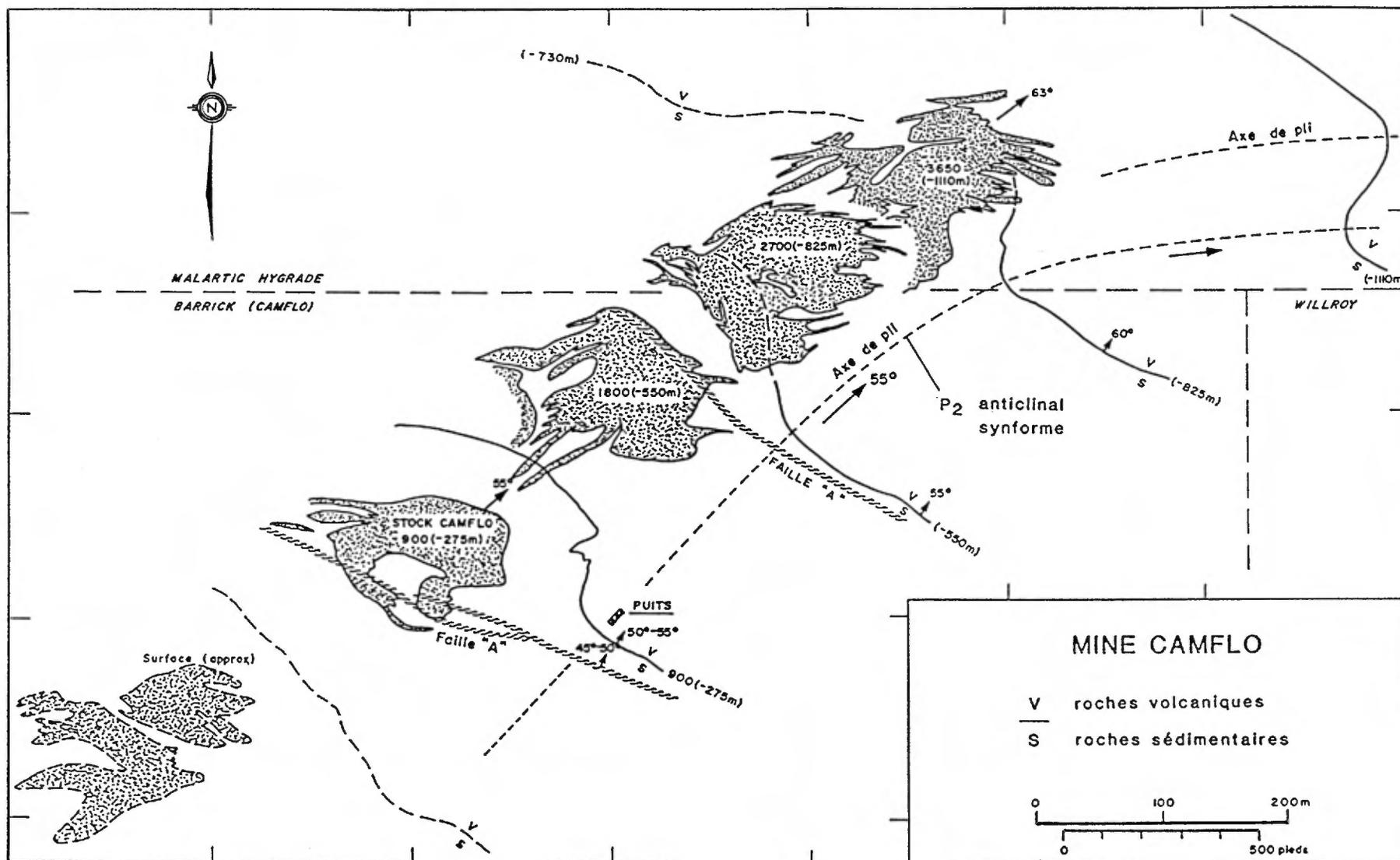


Figure 2 Plans superposés montrant la forme du stock de Camflo à divers niveaux ainsi que le contact entre les roches volcaniques du Malartic et les roches sédimentaires du Kewagama. La plongée de 55° de la cheminée s'accroît légèrement en profondeur. Cette plongée est identique à celle des axes de plis aux niveaux supérieurs.

lentilles économiques dans les roches volcaniques ou sédimentaires. Une roche particulièrement favorable est un granophyre ou diorite quartzique formé par différenciation magmatique des filons-couches mafiques. Cette roche est riche en magnétite et sa composition felsique la rend cassante.

Les zones schisteuses et minéralisées contenues dans les roches volcaniques montrent des signes de métamorphisme rétrograde. Ceci s'accorde avec la venue relativement tardive de la minéralisation qui est possiblement contemporaine à la phase 2 de déformation.

IV.3. Roches encaissantes

Les roches de la mine sont en bonne partie schisteuses et altérées mais le contraste bien net entre les séquences volcanique et sédimentaire ainsi que des unités caractéristiques telles que le conglomérat et la formation de fer ne laissent pas de doute sur l'attitude des formations. Le tableau 2 montre la séquence stratigraphique dans la mine. Les sommets stratigraphiques vers le sud-ouest n'ont pas été établis dans la mine même, mais ils sont présumés à partir des travaux de cartographie régionale et locale (Gunning et Ambrose, 1940; Imreh, 1976; Babineau, 1983). Le contact entre les Groupes de Kewagama et de Malartic est modérément schisteux mais pas plus qu'à bien d'autres endroits à l'intérieur du Groupe de Malartic.

IV.3.1. Roches volcaniques

La Formation de Héva ou Malartic supérieur est localement

Tableau 2. Séquence stratigraphique dans la mine Camflo.

<u>Groupe de Kewagama</u>	épaisseur représentative
- schistes pélitiques à biotite et muscovite, métagrauwackes	>100 m
- formation de fer, 2-10% magnétite	3 m
- schistes pélitiques, métagrauwackes	env. 100 m
- formation de fer, 10-25% magnétite	3-12 m
- conglomérat volcanoclastique	7-20 m
- métasiltstone, 2-5% magnétite ("formation de fer pauvre en magnétite")	0-10 m

Héva ou Malartic supérieur:

Andésites, tufs	
injectés de nombreux filons-couches de ferrodiorite	5-50 m
avec lentilles de granophyre ou diorite felsique	0-25 m

constituée d'andésites et de tufs injectés d'une bonne proportion, environ 50% dans la mine, de filons-couches de ferrodiorite.

Les andésites sont vert foncé, à grain fin. Elles sont souvent bréchiques ou coussinées et foliées. Des alternances de zones plus riches en biotite et d'autres plus riches en chlorite leur donnent parfois un aspect hétérogène dans les carottes de sondage. Un peu de lave fine, massive et homogène est aussi présente. La composition minéralogique d'échantillons d'andésite est donnée au tableau 3. Ces laves contiennent fréquemment 20 à 50% de microphénocristaux de plagioclase de 0,3 à 1 mm de diamètre dans une matrice très fine. Les laves massives peuvent contenir une bonne proportion de hornblende tandis que les laves schisteuses sont riches en chlorite, en biotite et en carbonate.

Des tufs massifs et des tufs finement lités ont été reconnus. Ce sont généralement des roches schisteuses, leur couleur est celle des laves et il est souvent bien difficile de distinguer entre tuf et laves schisteuses dans les sondages.

La composition chimique de laves andésitiques est présentée au tableau 4. Ce sont des roches feldspathiques et leur teneur en alumine est relativement élevée. Leur caractère calco-alkalin est indiqué par le diagramme AFM de la figure 3. Leur teneur élevée en potasse est discutée plus loin (métamorphisme et altération).

IV.3.2. Ferrodiorite, granophyre ("diorite silicifiée")

Les roches mafiques à grain moyen sont appelées diorite à la mine.

Tableau 3 Caractéristiques pétrographiques des roches volcaniques et des filons-couches, mine Caaflo.

Filons-couches	Composition minéralogique représentative (%)									Texture
	Qtz	Plag.	épid.	carb.	musc.	horn.	chlo.	biot.	magn. ill.	
Gabbro	-----	25	0-2	5-15	-----	35-45	20-35	1-3	2	hornb 2-5 mm
Ferrodiorite	2-15	20-40	tr-5	1-5	0	1-5	1-5	1-5	3-10	horn. 2-5 mm; plag. 2 mm; Qtz interstitiel
Ferrodiorite biotitisée	40		tr	5-15	0	1-15	1-20	10-20	1-5	schisteuse
Ferrodiorite carbonatée	40		5	20-25	0	5	20	3-5	5-10	schisteuse
Granophyre	65-75		----	5-10	0-5	-	3	10	3-10	intercroissance Qtz-ab; souvent cataclasiée
<u>Andésites</u>	1									
à hornblende	±50		----	tr	----	20-25		20	1-2	horn. 1 mm, 25% plag. 0,3-1 mm, 35% matrice peu foliée
à chlorite-biotite	±55		0-10	10-15	----	0-tr	1-25	5-25	1-5	schiste fin phéno. plag. 0,5-2 mm, 20-50%

Tableau 4. Composition chimique des laves, filons-couches et roches sédimentaires, mine Camflo, analyses de Chainey (1983).

	HÉVA DU MALARTIC SUPÉRIEUR									Kewagama
	Andésites			Ferrodiorites et granophyres						Grauwacke
(normalisé)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂ %	59,0	54,8	56,5	48,4	53,7	50,2	52,9	54,8	67,0	62,3
TiO ₂	0,89	0,53	0,63	0,88	1,51	1,62	2,77	1,44	0,70	0,79
Al ₂ O ₃	15,7	16,8	18,2	12,4	12,7	13,9	13,0	13,6	12,5	18,1
FeO tot	7,7	6,3	8,5	13,8	13,6	14,7	18,5	13,5	5,6	5,8
MgO	5,2	5,5	5,3	10,7	4,8	6,2	3,4	3,7	1,5	4,2
CaO	5,3	9,7	5,1	11,9	10,0	9,4	4,7	5,8	6,0	2,3
Na ₂ O	4,0	3,7	4,7	1,5	3,4	1,6	3,7	5,4	4,8	3,0
K ₂ O	2,2	2,7	0,82	0,32	0,34	2,3	0,92	1,8	1,5	3,7
(non normalisé)										
PAF			2,6	6,2			0,55	3,1		
H ₂ O	1,3	1,1			1,7	2,4			0,40	1,5
CO ₂	2,1	6,3	1,1	3,5	6,8	6,5	0,4	3,3	4,5	0,4
S	0,10	<0,5	<0,5	<0,5	0,24	,14	0,27	1,9	0,83	0,5
n=	3	5	5	1	4	1	2	3	3	15

Note: les ferrodiorites se distinguent facilement par leur teneur en Al₂O₃, FeO et TiO₂.

PAF: perte au feu. n: nombre d'analyses

- 1- Andésite massive, moyenne de 3 analyses de Chainey, 1983 (nos 3204-5-6).
- 2- Volcanite bréchique, schisteuse, à biotite; moyenne de 5 analyses de Chainey (3211-2-3-4-5).
- 3- Volcanite porphyrique, 5 analyses de Chainey (3522-3-4, 3535-6).
- 4- Gabbro peu magnétique (Chainey, 3509).
- 5- Ferrodiorite, 4 analyses de Chainey (3104-5-7-8).
- 6- Idem, biotitisée en bordure du filon-couche (Chainey, 3103).
- 7- Ferrodiorite riche en fer et titane (Chainey, 3505, 3534).
- 8- Ferrodiorite riche en plagioclase (Chainey, 3553-5-6).
- 9- Granophyre ou ferrodiorite felsique, 3 analyses (Chainey, 1981; nos 25, 26, 27).
- 10- Schistes pélitiques du Kewagama, 15 analyses de Chainey (no 3300 à 3314).

Nous les appelons ici ferrodiorite à cause de leur forte teneur en fer et pour les distinguer des autres diorites présentes dans la région (i.e. diorite calco-alkaline plus tardive de Norlartic). Elles se distinguent des laves par un fort magnétisme, par la présence de cristaux de hornblende noire de 2 à 5 mm et par la présence occasionnelle de cristaux de quartz bleu (2-3 mm). La composition est variable et un faciès mafique peut passer rapidement à un faciès feldspathique. Il s'agit sans doute de différenciation magmatique puisque nous avons observé un excellent litage magmatique dans des affleurements du secteur (au puits de Black Cliff à 3 km à l'WNW de la mine). La composition minéralogique est variable (tableau 3): certains échantillons sont riches en hornblende, d'autres en biotite, d'autres en chlorite (voir section métamorphisme). Les roches les plus massives et les moins altérées sont constituées essentiellement d'albite et de hornblende avec un peu d'épidote, de quartz, de magnétite et d'ilménite. La texture originale est partiellement conservée dans les cristaux de plagioclase, de quartz et d'ilménite-magnétite tandis que les cristaux de hornblende reflètent apparemment la granulométrie originale. Le plagioclase est en cristaux de 2 mm et forme des petites agglomérations entre les cristaux de hornblende. Le quartz primaire (3-15%) est souvent interstitiel entre les cristaux de plagioclase. Il est localement en intercroissance micrographique avec le plagioclase. La teneur en magnétite-ilménite est particulièrement élevée: 5 à 10%, parfois 15%.

Le filon-couche de ferrodiorite au sommet de la séquence volcanique

contient de grandes lentilles de granophyre ou roche felsique gris pâle à gris moyen un peu bleuté. Cette roche est importante car elle a fourni une part appréciable du minerai. Elle est appelée "diorite silicifiée" à la mine car on l'a d'abord confondue avec des ferrodiorites fortement carbonatés et possiblement albitisés. On la croyait reliée aux failles et à l'altération hydrothermale mais on s'est aperçu ensuite que sa distribution est indépendante des failles. Elle forme des lentilles qui ont jusqu'à 25 mètres d'épaisseur. Celles-ci se retrouvent surtout dans la partie sud ou supérieure du filon-couche de ferrodiorite mais elles peuvent former localement la presque totalité de l'épaisseur du filon (figure 5, forage au nord du stock). Là où elle est bien conservée, la roche est constituée essentiellement d'intercroissances (65-80%) d'albite et de quartz avec un peu de magnétite, d'ilménite, de biotite (10%) et de carbonate. Ces deux derniers minéraux sont secondaires. La texture granophyrique n'est pas fine mais relativement grossière. La forme allongée de l'albite et son arrangement radial sont cependant distincts. Le granophyre est communément fracturé et cataclasé avec formation de plages de quartz et feldspath granoblastiques très fins et de veinules de carbonate, chlorite, muscovite et biotite.

La composition chimique de la ferrodiorite et du granophyre est montrée au tableau 4. Certaines roches sont gabbroïques mais la plupart ont une composition normative de diorite mafique. Le granophyre est très siliceux (67% SiO₂). Le groupe des ferrodiorites est tholéiitique et bien distinct des andésites qui sont d'affinité calco-alcaline

(figure 3). Il est aussi beaucoup plus riche en Fe et Ti que les laves à même teneur de Si et bien plus pauvre en Al pour n'importe quelle teneur de Si.

Le problème de distinction entre andésite massive et ferrodiorite se présente parfois dans certaines roches fines homogènes mais il est relativement peu fréquent: les andésites sont surtout bréchiques ou coussinées mais rarement massives.

Un autre problème concerne la nature des ferrodiorites qui pourraient être: (1) des coulées de laves massives, (2) des filons-couches quasi-contemporains aux laves ou (3) des filons-couches un peu plus tardifs et qui devraient possiblement être exclus du Héva. Le contact supérieur bien net de certaines unités et la différenciation marquée avec formation du granophyre suggèrent qu'il s'agit de filons-couches dans bien des cas. Les ferrodiorites tholéiitiques ne sont pas reliées génétiquement aux andésites calco-alcaline de la mine mais des laves tholéiitiques chimiquement semblables aux ferrodiorites sont présentes ailleurs dans le Héva (Babineau, 1982; Imreh, 1984).

IV.3.3 Roches métasédimentaires

Le conglomérat semble constitué entièrement de débris volcaniques. C'est une roche gris foncé, un peu foliée. Les cailloux ou fragments ont surtout de 1 à 5 cm de diamètre et sont constitués:

- (1) d'une bonne part de laves andésitiques à microphénocristaux de plagioclase, semblables aux andésites du Héva;
- (2) d'une petite quantité (2-5%) de cailloux gris pâle de dacite

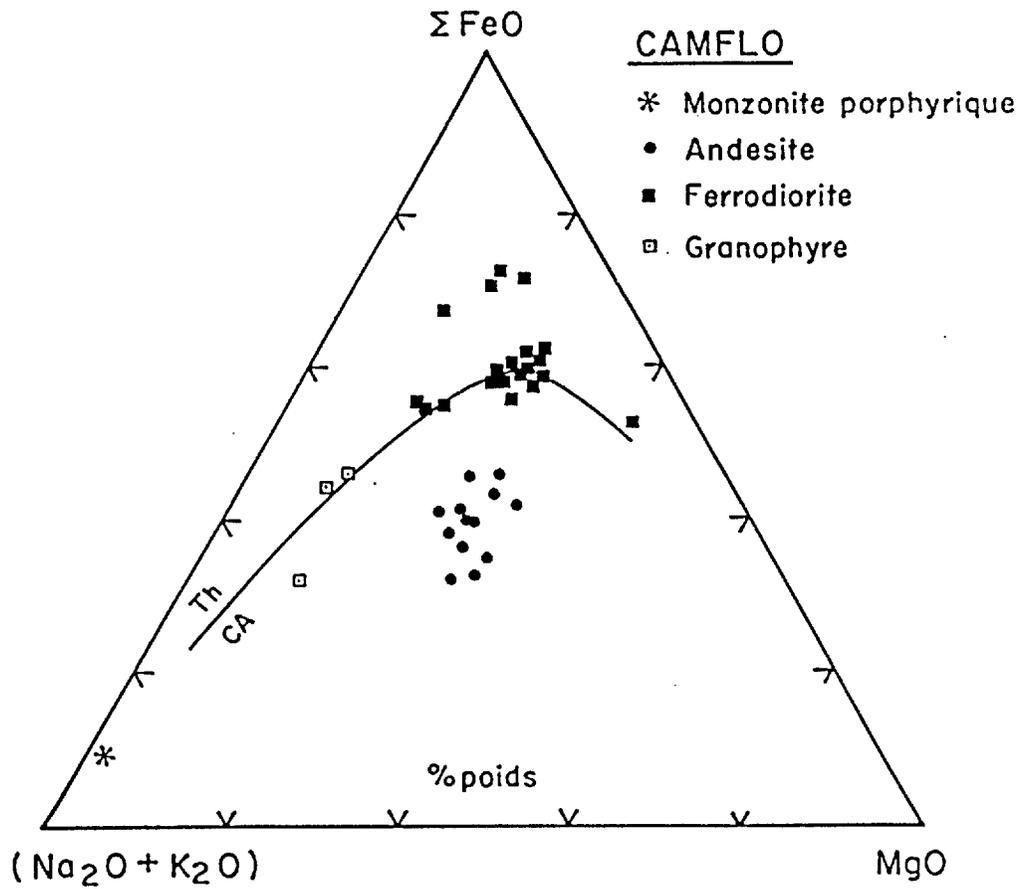


Figure 3 Diagramme AFM. Les andésites calco-alcalines se distinguent bien des ferrodiorites tholéiitiques. Le stock de Camflo est riche en Na et K.

feldspathique microporphyrrique;

- (3) d'un peu de lentilles filamenteuses et séricitiques qui pourraient être des fragments écrasés de pumice.

La matrice est un grauwacke composé de grains clastiques de plagioclase, de lave microporphyrrique et de quartz et albite parfois en intercroissance micrographique (intercroissance généralement plus fine que dans le granophyre des filons-couches sous-jacents). La matrice contient aussi une petite quantité (5-20%) de biotite, de chlorite, de muscovite, de carbonate, de sphène, d'ilménite et souvent un peu de magnétite. Les cailloux dacitiques ressortent facilement à cause de leur couleur mais les cailloux andésitiques se distinguent mal de la matrice. Celle-ci semble cependant abondante ("matrix-supported"). Certains forages suggèrent une distribution relativement uniforme des cailloux dacitiques à travers toute l'épaisseur (jusqu'à 20 m) du conglomérat.

La formation de fer est noire et montre habituellement un litage millimétrique souligné par la magnétite. Des couches très fines riches en magnétite alternent avec des lamines micacées (50% biotite et chlorite) et avec des couches quartzo-feldspathiques à teneur variable en magnétite. Celle-ci est en grains de 0,02 à 0,05 mm. La teneur approximative en magnétite est indiquée au tableau 2. Un peu d'hématite est aussi présente. La muscovite, le carbonate, l'ilménite et le sphène se retrouvent en traces. La formation de fer contient des lits de schistes pélitiques et elle passe graduellement ou abruptement à des schistes pélitiques avec un peu de magnétite.

Les autres roches métasédimentaires sont des schistes micacés très fins, gris moyen à gris foncé. Un litage millimétrique s'observe parfois mais il est souvent oblitéré par la schistosité. La plupart des roches sont constituées d'une pâte foliée de biotite, de muscovite, de chlorite, d'albite et de quartz dont les grains ont moins de 0,05 mm de diamètre. La muscovite, la biotite ou la chlorite forme de plus des petits grains porphyroblastiques de 0,3 mm de diamètre. Des lits millimétriques de microgrès peu micacés alternent parfois avec des lits plus riches en mica. Ils montrent des grains clastiques de plagioclase et de quartz de 0,1 à 0,5 mm de diamètre qui ressortent de la pâte fine. Ces lits de microgrès ne sont pas abondants dans les lames étudiées et la plupart des roches étaient sans doute à grains très fins: 0,05 mm ou moins. La moyenne de la composition chimique de plusieurs échantillons est indiquée au tableau 4. Ces roches contiennent généralement peu de carbonate. En plus des minéraux déjà énumérés, elles peuvent contenir un peu d'épidote, d'ilménite, du sphène, de la magnétite et des traces de tourmaline. Le développement de la schistosité varie de faible, avec micas porphyroblastiques sans orientation préférentielle, à très fort avec ségrégation en laminations micacées et en laminations quartzo-feldspathiques. Dans ce dernier cas, la roche peut se débiter en couches d'épaisseur centimétrique qui complique l'abattage et en augmente le coût. La schistosité est souvent sub-parallèle au litage et aux contacts lithologiques mais elle peut aussi les recouper. Plus d'une schistosité sont localement présentes.

IV.3.4. Stock de monzonite quartzifère de Camflo

Le stock de Camflo plonge dans une direction de N 55°. Sa plongée de 50° en surface augmente à 60 ou 65° en profondeur (figure 2). Le stock mesure environ 200 m de diamètre en plan. Sa forme est très irrégulière et change de niveau en niveau mais sa superficie demeure relativement constante avec la profondeur. Son pourtour montre de nombreuses projections ou apophyses dont plusieurs ont une direction à peu près E-W et un pendage abrupt vers le nord (figures 2 et 5).

La monzonite quartzifère est une roche leucocrate, grise ou rosée, légèrement porphyrique et constituée pour les 2/3 de cristaux euhédres de feldspath de 3 à 5 mm. Ces grains tabulaires montrent souvent un alignement préférentiel créé sans doute lors de l'écoulement magmatique. La bordure de trempe se limite à une couche de quelques décimètres où les grains de feldspath sont sensiblement plus petits (1-3 mm). Des apophyses de 1 ou 2 m d'épaisseur sont presque aussi grenues que le corps intrusif principal. Le stock est partout intensément fracturé et envahi par une multitude (3-10%) de veines ou veinules de quartz, dont certaines sont porteuses d'or (voir "déformation du stock"). Elles sont planes ou sinueuses, d'épaisseur millimétrique ou centimétrique. Les épontes sont parfois foliées. De vagues zones décolorées ou blanchies bordent certaines veines. La monzonite en bordure des failles tardives est cisailée et séricitisée sur des largeurs décimétriques ou métriques. Ces failles contiennent des lentilles et veines décimétriques de quartz saccharoïde blanc ou bleuté avec carbonate et pyrite. Le stock est recoupé par de nombreux joints (voir "structure").

Certains montrent des faces striées recouvertes d'une mince couche de chlorite, de carbonate et d'un peu de pyrite.

L'étude pétrographique montre que l'altération métasomatique est présente partout dans le stock et que celui-ci a subi une déformation ou cataclase généralement faible mais localement intense (photos no 2, 3, 4). La texture, l'altération et la minéralogie de la monzonite sont indiquées au tableau 5. Dans la monzonite peu ou pas déformée, les cristaux automorphes de feldspath sont constitués de mésoperthite qui montre souvent de fines zones concentriques plus riches en microcline ou en albite. Cette mésoperthite est sans doute formée par exsolution d'un feldspath alcalin. Un peu d'albite (env. 15%) est présente en inclusions ou noyaux dans la perthite (photo no 1). Deux feldspaths se sont probablement formés au tout début de la cristallisation magmatique, suivis ensuite de la cristallisation d'un seul feldspath alcalin. Le stock de Camflo s'apparente donc à la famille des "granites hypersolvus" ou granites à un feldspath (Martin et Bonin, 1974).

L'altération métasomatique de la monzonite est décrite plus loin à la section altération et déformation du stock.

La composition chimique du stock de Camflo a été étudiée en détail par Chainey (1983) à l'aide d'échantillons répartis à divers endroits du stock et jusqu'à une profondeur de 1 000 mètres. Le tableau 6 rapporte la composition de 90 échantillons divisés en 2 groupes: (1) légèrement ou modérément cataclasés et (2) fortement cataclasés. Les 16^e et 84^e percentiles montrent que la composition des échantillons peu déformés est remarquablement constante pour tous les éléments, avec des écarts un

TABLEAU 5. Texture, altération et minéralogie du stock de Caaflo

Texture et déformation		fréquence
- non cataclasée	texture primaire très bien conservée mésoperthite 75%, euhédre, 2-5 mm (inclus \approx 15% noyaux et inclusions d'albite) quartz, 15%, interstitiel agrégats 1-3 mm de petits grains de carbonate, biotite, pyrite, quartz.	rare, observée dans la roche stérile
- légèrement cataclasée	5-20% de petits grains granoblastiques de qtz-felds. en bordure des grains de perthite	commune, dans le minerai et la roche stérile.
- fortement cataclasée	grains courbés d'albite, 25-50%, 1-3 mm dans matrice qtz-feldspathique cataclasée	peu commune, distribution mal connue.

Altération

en carbonate, biotite, magnétite

minéraux ferromagnésiens - - - >	carbonate, biotite, magnétite	partout dans le
sphène - - - >	rutile	

Pyritisation

magnétite - - - >	pyrite (plus de magnétite, moins de pyrite dans certaines roches non cataclasées)	partout
-------------------	---	---------

Albitisation

perthite - - - >	albite claire finement maclée (moins de quartz)	locale
------------------	---	--------

Séricitisation

perthite - - - >	muscovite + albite accompagnée de biotite, sphène.	locale, intense dans zones de faille A, B, etc., tardive
------------------	--	--

Minéraux

Minéraux en traces

associés à l'or

	7		préminéralisation	altération	
	commun	(local)			
mésoperthite	65%	(0%)	apatite	rutile	pyrite
albite	15	(40-80%)	zircon	hématite	scheelite
quartz	5-20		fluorite	barytine	chalcopryrite tr
carbonate	3-10		tourmaline		galène tr
biotite	0-10		ilménite		molybdénite tr
muscovite	0-5	(25%)	sphène		pyrrhotite tr
chlorite	0-5		allanite		altaite PbTe
magnétite	0-1		hornblende		calavérite
pyrite	0,3-3%	(5%)			(Au, Ag)Te ₂ or (4-10% Ag)

Tellures rapportés par Mahoney (1967) et Alderton (1984). Titre de l'or par Perrault et Giovenazzo (1983).

Tableau 6. Composition chimique de la monzonite quartzique porphyrique de Camflo, d'après Chainey (1983)

	A, peu déformée			B, déformée	Teneurs normalisées		
	n = 82			n = 8	Médiane du groupe A	Minéraux normatifs	
	P ₁₆	P ₅₀	P ₈₄	P ₅₀			
SiO ₂ %	65,6	66,7	68,0	67,1	69,2	qz = 15,3	
Al ₂ O ₃ %	14,9	15,4	15,9	14,8	15,9	or = 34,5	
Fe %	0,83	0,92	1,01	0,87		ab = 38,7	
FeOt %					1,21	an = 5,6	
HgO %	0,15	0,3	0,4	0,4	0,3	pyrox. = 5,2	
CaO %	2,0	2,2	2,4	2,1	2,3	ilmé = 0,23	
Na ₂ O %	4,1	4,5	5,0	5,4	4,6		
K ₂ O %	4,3	5,5	6,0	1,7	5,8		
TiO ₂ %	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12		
CO ₂ %	1,6	1,8	1,9	1,6			
S %	0,30	0,46	0,63	0,45			
Mn %	0,020	0,024	0,027	0,024			
Ba %	0,24	0,27	0,33	0,13			
Sr %	0,094	0,115	0,160	0,090			
Valeur médiane 82 échantillons		Valeur médiane, 9 échantillons dont la moitié sont minéralisés en or					
Rb	65 ppm	H ₂ O	0,25%	Sc	2,6 ppm	Cd	0,8 ppm
Cu	5 ppm	P ₂ O ₅	0,04%	Li	15 ppm	Bi	8 ppm
Pb	17 ppm	Y	9,1 ppm	U	2,4 ppm	Se	0,07 ppm
Zn	34 ppm	Zr	114 ppm	Th	1,3 ppm	Te	3,2 ppm
Mo	1,7 ppm	V	37 ppm	Sn	< 0,5 ppm	V	37 ppm
As	8,6 ppm	Cr	9 ppm	Ta	1,9 ppm	Ag	0,15 ppm
Sb	0,7 ppm	Ni	16 ppm	Hf	2,7 ppm	Hg	8 ppb
Co	2,2 ppm						
W	7 ppm						
Au	305 ppb						

A. 82 échantillons faiblement cataclasés (Chainey, 1983, tableau 3, types IV à VII). Les échantillons ne contiennent pas de veines de quartz importantes mais peuvent contenir quelques veinules millimétriques.

B. 8 échantillons cataclasés et foliés (Chainey, op. cit., type IX). Apport de soude et départ de potassium.

n = nombre d'analyses

P₁₆, P₅₀, P₈₄: 16^{ème}, 50^{ème}, 84^{ème} percentiles.

peu plus marqués pour la soude et la potasse. La moyenne du groupe A est sûrement très près de la composition originale du stock (excluant S et CO_2). Les échantillons déformés ont une composition très semblable sauf pour la soude qui est notablement enrichie et la potasse qui est très appauvrie. Ceci reflète l'albitisation qui est décrite plus loin.

Le stock de Camflo a certaines particularités qui le distinguent des autres intrusions felsiques du secteur. Il est très riche en K_2O (5,8%, normalisé) tandis que les autres intrusions sont tonalitiques (1,8% K_2O à Norlartic, 1,2% dans la tonalite de la cheminée principale de Lamaque). Il est aussi un peu plus leucocrate, un peu plus pauvre en Fe, Mg et Ca. Sa teneur de 0,27% Ba est remarquable mais n'est pas extrême compte tenu de sa forte teneur en potassium. Il a aussi une "minéralogie hypersolvus" dominée par la mésoperthite. Ceci résulte de la cristallisation d'un magma relativement sec (Martin et Bonin, 1974).

L'âge relatif du stock est discuté à la section suivante.

IV.4. STRUCTURE

La mine est dans un petit pli P_2 marqué par la forme en "Z" du contact entre les roches volcaniques du Malartic et les roches sédimentaires du Kewagama (figure 2). La forme en Z s'accroît avec la profondeur (figure 2). L'axe du pli plonge à 55° dans une direction de N 55° . La partie anticlinale est synforme, le segment synclinal est antifforme. Le mode de formation de ce pli complexe n'est pas connu. Babineau (1983) rapporte une schistosité E-W associée à ce type de pli

et nous avons noté des petites zones de cisaillement et de fractures d'orientation approximative N 90°/pendage 70°N sur des propriétés voisines. Le pli pourrait donc être causé par une zone locale de dislocation à environ 90°/70° N recoupant et déplaçant les couches déjà plissées de direction N 115°/60° NE (figure 11). La forme en "Z" pourrait s'expliquer soit par un décrochement dextre, soit par un mouvement inverse, ou toute combinaison de ces deux mouvements.

Le stock de Camflo est situé dans la zone de pli ou de dislocation et il a la même plongée que l'axe du pli près de la surface (tableau 7). Certaines apophyses du stock ont d'ailleurs une direction d'environ 90° et un pendage de 70° N (figures 5 et 6). Le stock est donc contemporain ou postérieur aux fractures associées aux plis P₂.

Une famille de failles tardives (nommées A, B, C, ... X, Y, Z) recoupe le stock et la schistosité (S₁?) des roches métasédimentaires. Ces failles contrôlent la minéralisation hors du stock de Camflo. Leur pendage est vers le NE et il est légèrement plus faible que la plongée du stock et que le pendage des unités stratigraphiques (figure 6). Les failles sont sinueuses et se subdivisent localement en deux ou plusieurs branches. Le décrochement des failles est faible car les unités lithologiques sont à peine déplacées. Les stries sont à peu près dans la direction du pendage et le mouvement est normal.

Aux niveaux inférieurs, les failles tardives changent de direction près du stock (figure 4) pour former une courbe en "Z" mais beaucoup moins accentuée que celle décrite par les couches stratigraphiques. Ceci pourrait s'expliquer par une réfraction des failles contre le stock.

Tableau 7 Éléments structuraux à la mine Camflo

	<u>Direction/pendage</u>	<u>Remarques</u>
Stratigraphie, schistosité régionale (S ₁)	115 à 130°/abrupt NE	sommets stratigraphiques au SW
Contact volcanites/sédiments	115 à 120°/50-55° NE /60-65° NE	en surface en profondeur
Schistosité (roches sédimentaires)	95 à 130°/60-80° NE	aux niveaux inférieurs
<hr/>		
Axe du pli en "Z" de phase 2	55°/plonge 50-55° NE 80°/plonge 50° E	en surface, en profondeur
Stock Camflo	55°/plonge 50-55° 55°/plonge 60-65°	en surface, en profondeur
Zones minéralisées dans le stock	±90°/70° N	tendance seulement. Surtout, dans la partie nord du stock.
Failles tardives		
Faille "A"	110 à 135°/55° NE	
autres	130°/35° NE* 110°/45°	près du stock secteur E de la mine
Joints dans le stock		
maximum	110°/45° N	
2 ^e et 3 ^e maxima	175°/85° W 25°/85° E	
4 ^e maximum	90°/vertical	

* En plan, les failles individuelles dessinent une courbe en "Z" aux niveaux inférieurs mais la courbure est beaucoup moins accentuée que pour le contact volcanites/sédiments.

la direction du pendage et le mouvement est normal.

Aux niveaux inférieurs, les failles tardives changent de direction près du stock (figure 4) pour former une courbe en "Z" mais beaucoup moins accentuée que celle décrite par les couches stratigraphiques. Ceci pourrait s'expliquer par une réfraction des failles contre le stock. Mais il est curieux de constater que la déviation n'est pas apparente près de la surface et qu'elle s'accroît avec la profondeur tout comme le pli des couches stratigraphiques. Tout se passe comme si la déformation de phase 2 qui a causé le pli n'était pas encore complètement terminée lors de la formation des failles.

L'orientation de 365 joints dans le stock a été mesurée au niveau 3000 de la mine. Les maxima sont rapportés au tableau 7. Beaucoup ont une orientation de 110° pendage $45^\circ N$, donc assez semblable à l'orientation des failles tardives. Les autres sont surtout à pendage vertical, de direction soit NS, soit EW.

IV.5. Métamorphisme et altération régionale

Certaines roches mafiques non schisteuses: ferrodiorite, gabbro et quelques andésites massives, sont essentiellement constituées de hornblende et d'albite avec peu d'épidote et parfois sans chlorite. Les conditions métamorphiques ont atteint, ou presque atteint, la limite du faciès amphibolite. Les roches schisteuses contiennent beaucoup moins de hornblende, souvent pas du tout, et bien plus de chlorite, de biotite et de carbonate. Leur faciès est celui des schistes verts, zone de la biotite, et il est apparemment lié à une phase rétrograde de

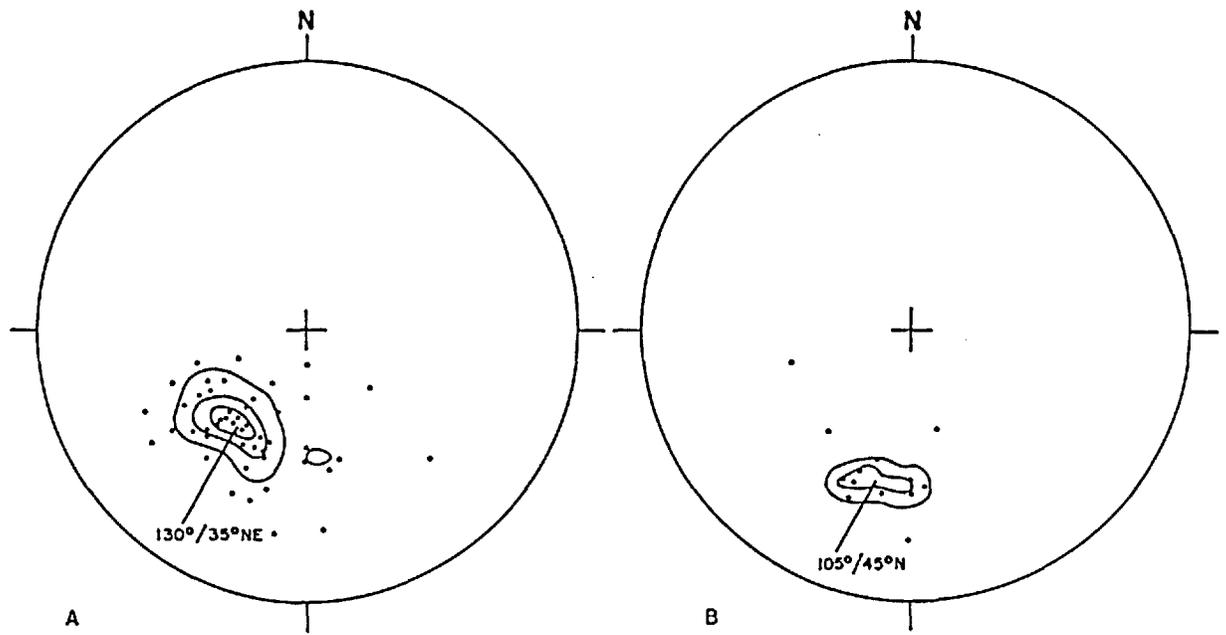


Figure 4 Pôles des failles tardives notées sur les plans des niveaux 1 900 (580 m) à 2 700 (825 m). A: près du stock; B: secteur est de la mine. La direction moyenne des failles se modifie près du stock.

Un métasomatisme potassique très étendu est présent. L'analyse des andésites du Héva montre qu'elles ont une teneur variable mais élevée en potasse qui contraste avec la teneur très basse dans les laves du Malartic inférieur. Elle se reflète dans la teneur en biotite. Ce minéral a une distribution très inégale qui suggère un apport métasomatique. Des coussins ont une bordure riche en biotite tandis que leur centre n'en contient pas. De même, les filons-couches massifs contiennent très peu de biotite mais ils sont fortement biotitisés près de leurs contacts et en bordure de zones cisailées. Le métasomatisme potassique est ici évident. Son étendue n'est pas connue mais elle est considérable. D'après des sondages examinés, le métasomatisme semble présent dans une grande partie de la Formation de Héva. Nous ne savons quel est le lien entre ce métasomatisme étendu et le métasomatisme potassique qui accompagne la minéralisation aurifère.

V. GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

V.1. Introduction

Le minerai peut être classé selon la nature de la roche-hôte:

- (1) Minerai de "porphyre": plus de 90% de l'or produit a été extrait du stock de monzonite porphyrique. Ces zones minéralisées ne sont pas associées de façon évidente aux failles tardives.
- (2) Minerai de faille dans les roches volcaniques: 8% de l'or vient de zones fracturées et minéralisées associées aux failles tardives déjà mentionnées. Le granophyre et la ferrodiorite sont, de loin,

les roches les plus productives de cette classe ("minerai de diorite").

- (3) Minerai de faille dans les roches sédimentaires: un peu plus de 1% de l'or a été extrait de la formation de fer, du conglomérat ou des schistes micacés en bordure des mêmes failles tardives.

V.2. Description des corps minéralisés

V.2.1. Minéralisation dans le stock de Camflo

V.2.1.1. Aspect et distribution du minerai

Une partie importante de la cheminée de Camflo, jusqu'à 20% sur certains niveaux, constitue du minerai aurifère. Le reste du stock donne une grosse anomalie géochimique: environ 250 ppb Au (Chainey, 1983). Le minerai ne se distingue pas visuellement de la monzonite stérile excepté là où il est très riche (Meikle, 1970). Pourtant, les analyses indiquent souvent des chutes brutales, des contacts nets entre les zones stériles et les zones de minerai (Mahoney, 1967). Nous avons déjà mentionné que la monzonite est partout fracturée et recoupée par une multitude de veinules de quartz et qu'elle contient toujours une petite quantité (plus de 0,5%) de pyrite souvent très fine. Le minerai à haute teneur contient plus de veines de quartz (3-10%), plus de pyrite (2-3%) et cette dernière est souvent plus grenue (1-3 mm).

Le stock ne contient pas de minerai dans les premiers 100 mètres sous la surface. Il contient ensuite de 3 000 à 12 000 tonnes de minerai par mètre vertical (1 000 à 4 000 tonnes courtes par pied vertical). Des niveaux peu productifs alternent avec des niveaux très

productifs. Les zones de minerai ont des formes, dimensions et orientations variables et leur mode de contrôle n'est pas évident. Le minerai a cependant une tendance assez nette à se retrouver dans la partie nord du stock, souvent dans deux zones parallèles de direction E-W, à pendage abrupt vers le nord et à plongée NE semblable à celle du stock (figures 5, 6 et 7). Ces zones ont souvent 15 à 25 mètres d'épaisseur mais elles se joignent localement pour former des zones plus considérables. Le minerai est exploité par grands chantiers ouverts. Un chantier majeur en cours d'exploitation a 60 m de longueur horizontale, 15 m de largeur et 200 m le long de la plongée. Avec l'exploitation en plus grande profondeur, une configuration régulière des murs des grands chantiers prend plus d'importance. Ceci requiert une dilution un peu plus forte mais la productivité de ces grands chantiers est excellente. La teneur du minerai de porphyre déjà extrait est de 6,9 g/t Au.

V.2.1.2. Déformation et altération du stock

La déformation du stock est marquée par (1) la fracturation et formation de veines et veinules, par (2) une cataclase répandue mais mégascopiquement peu évidente et par (3) les failles tardives accompagnées d'une bonne schistosité de leurs épontes.

(1) Les géologues de la mine ont noté que les veinules de quartz gris aurifère ont été précédées et possiblement suivies de veinules non aurifères. Comme exemple, des veines de quartz pegmatoides avec gros cristaux idiomorphes de fluorite et de microcline sont tout aussi abondantes dans la monzonite stérile que dans le minerai. Elles ne sont

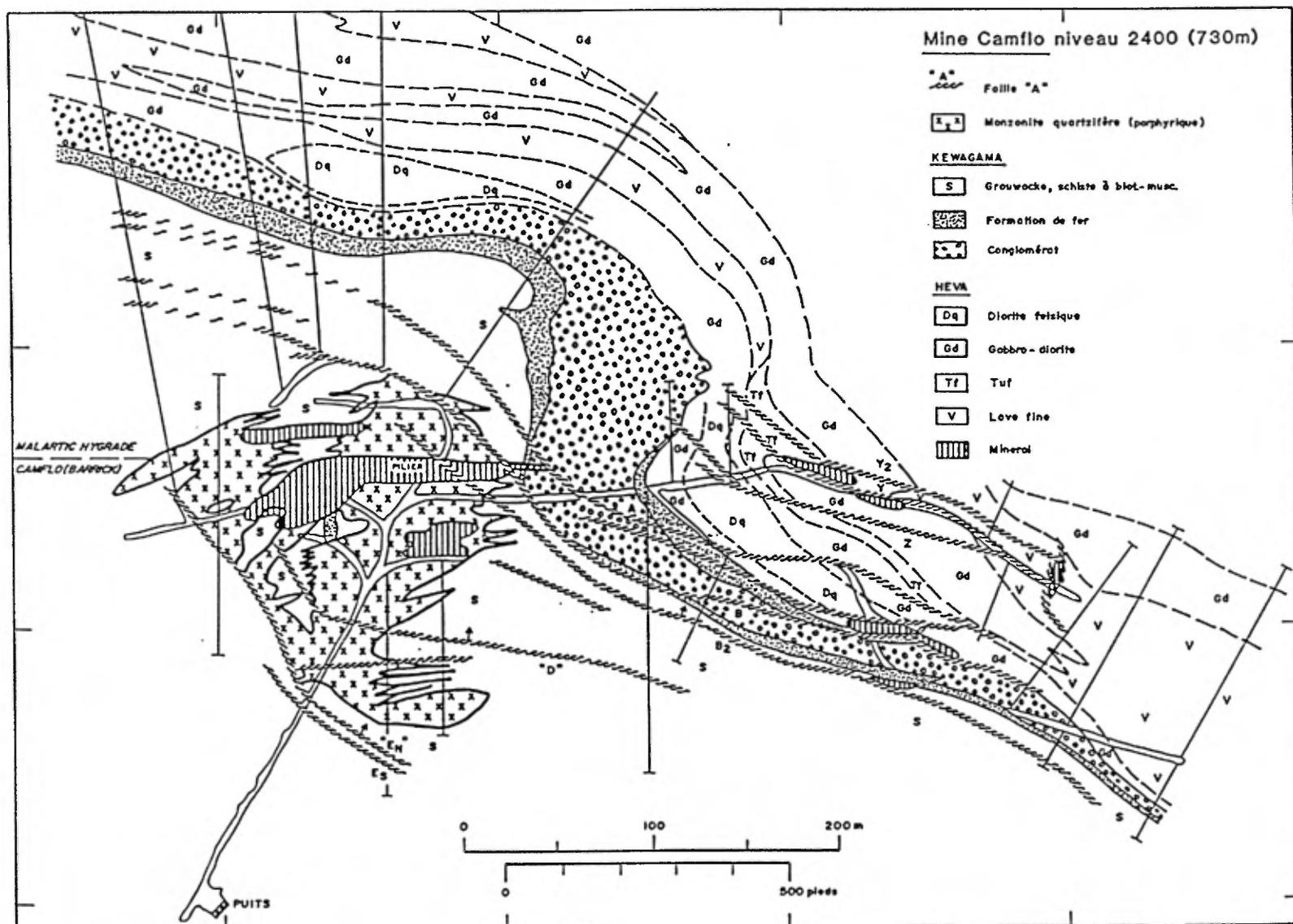


Figure 5 Plan du niveau 2 400. Le minéral forme des zones EW dans le stock. Il est contrôlé par les failles tardives hors du stock.

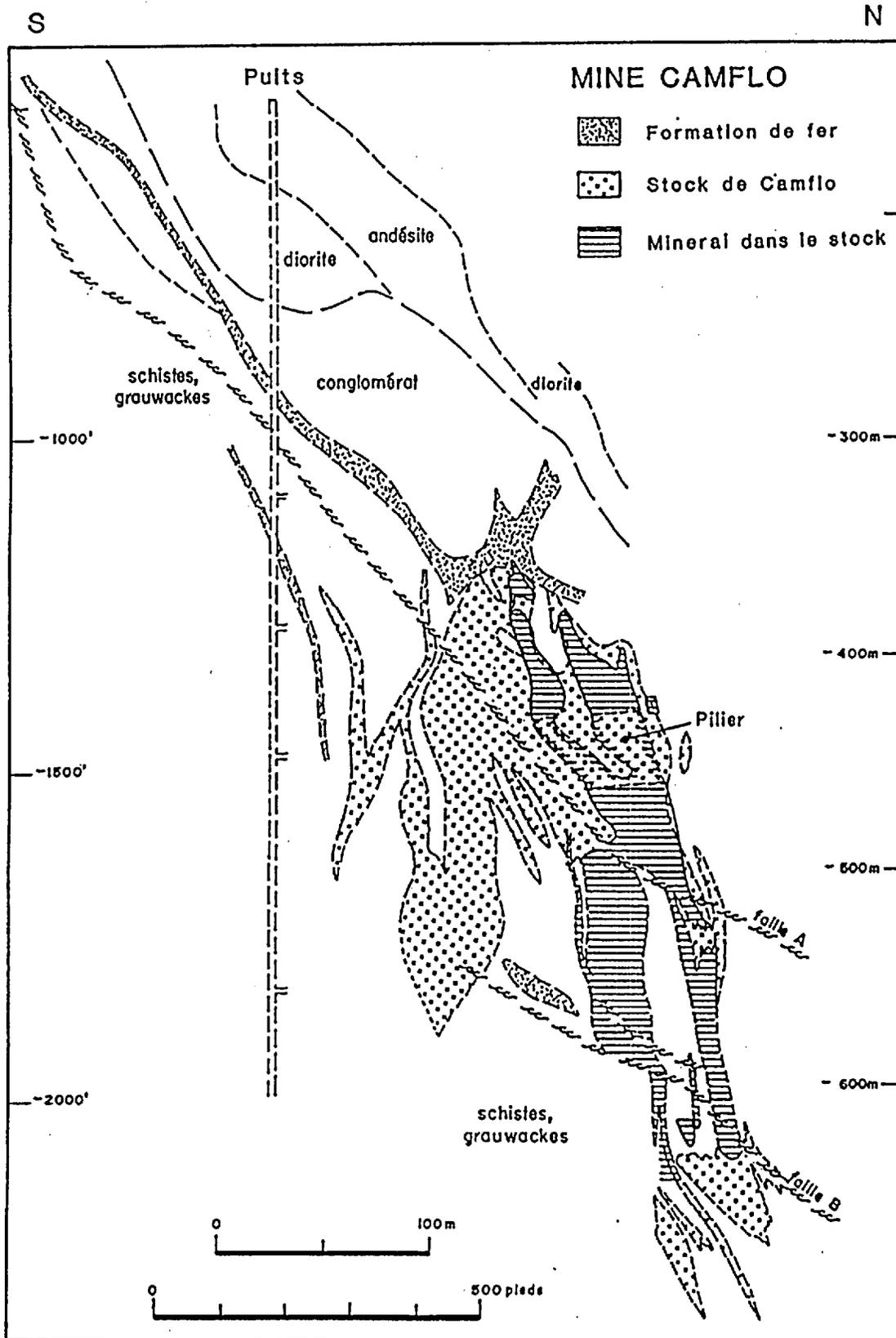


Figure 6 Coupe verticale NS du stock de Camflo. Le minerai est dans la partie nord du stock et forme deux zones qui coalescent localement.

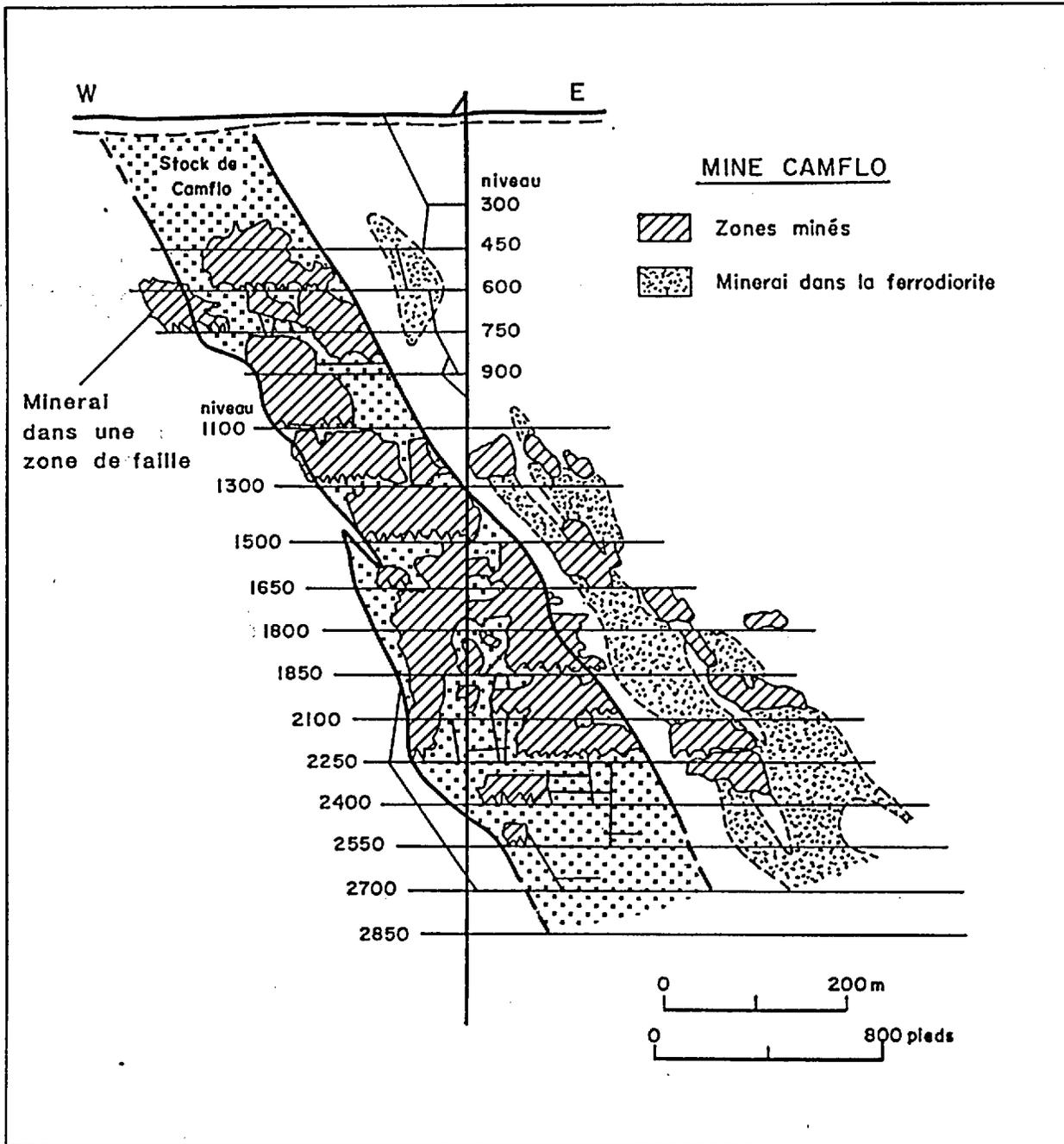


Figure 7 Coupe longitudinale projetée sur un plan vertical EW. Le stock et les zones minéralisées plongent au NE. Le stock traverse sur les terrains de Malartic Hygrade aux niveaux 2 250 à 2 700. D'après le rapport annuel de la mine Camflo, 1979.

donc pas reliées à la minéralisation aurifère et pourraient appartenir à une phase tardi-magmatique ou pneumatolitique.

(2) La cataclase ou granulation de la monzonite est marquée par la formation de petits grains granoblastiques de quartz, d'albite et de microcline. Il y a peu de mica, donc peu de foliation et la cataclase ne devient visible à l'oeil nu que si elle est intense. Sous le microscope, la monzonite porphyrique montre presque partout des signes d'une cataclase faible ou modérée. Les petits grains granoblastiques se retrouvent surtout en périphérie des gros cristaux de perthite (photo no 3). Peut-être que la déformation était déjà active lors des derniers stades de la cristallisation. La distribution de la cataclase est mal connue. Certains échantillons montrent une absence totale de cataclase mais c'est rare. Nous avons observé ceci dans la monzonite non minéralisée. La cataclase forte n'est pas courante. Elle se retrouve souvent dans les zones de minerai mais se rencontre aussi ailleurs. La cataclase est une déformation pénétrative qui doit être contemporaine à la fracturation et à la formation des veines.

(3) La schistosité locale associée aux failles tardives est reliée à la formation abondante de muscovite qui se fait aux dépens du microcline. Elle est bien distincte de la cataclase où le microcline est soit conservé dans les grains granoblastiques, soit remplacé par l'albite sans formation importante de muscovite.

L'altération de la monzonite est peu évidente mais elle est répandue à travers tout le stock. Elle est marquée par la présence généralisée de pyrite et de calcite et l'absence virtuelle de silicate

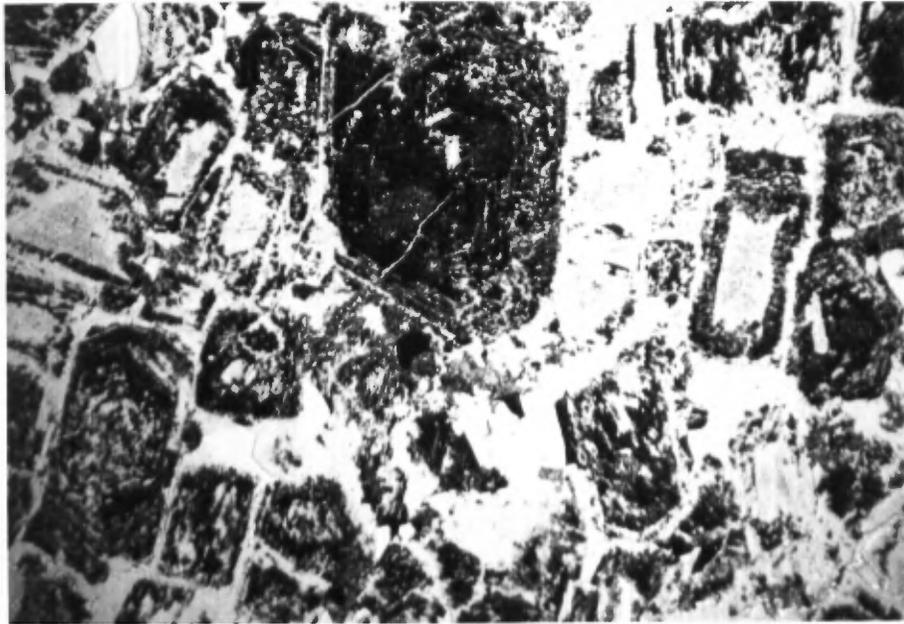


Photo 1 Monzonite quartzifère de Camflo. Le feldspath potassique coloré au cobaltinitrite est foncé. Texture idiomorphe, noyau d'albite entourée de perthite, zones de croissances alternativement riches en albite et en microcline. (Échantillon de Chainey, nicol simple, X 10).

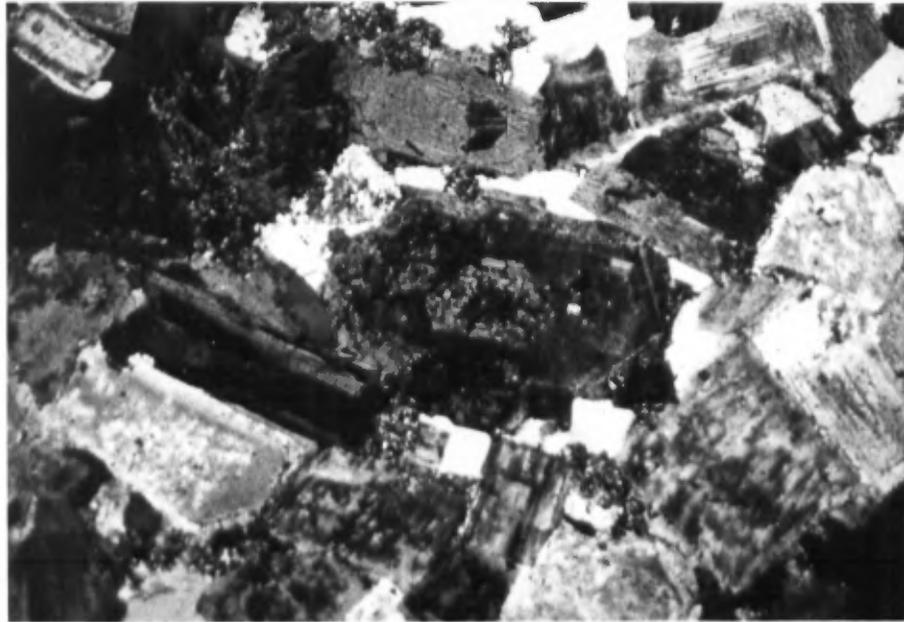


Photo 2 Monzonite de Camflo. Cristaux idiomorphes de mésoperthite (albite pâle, microcline plus foncé) et quartz interstitiel (en partie blanc). Non cataclasée, ce qui est rare dans le stock (nicols croisés, X 10).

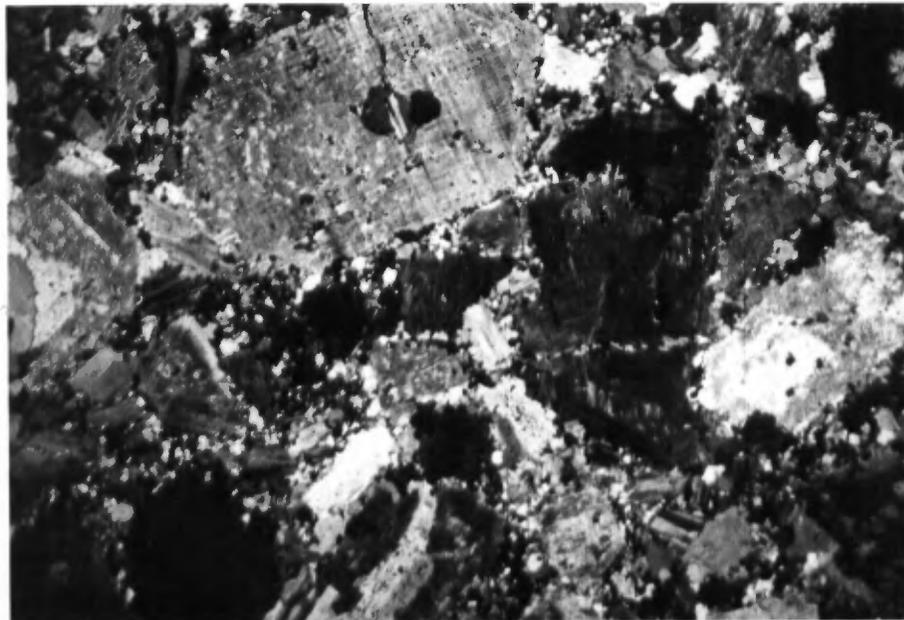


Photo 3 Monzonite de Camflo, texture usuelle légèrement cataclasée. Petits grains granoblastiques de feldspath et de quartz entre les grains subidiomorphes de microcline-perthite (nicols croisés, X 10).

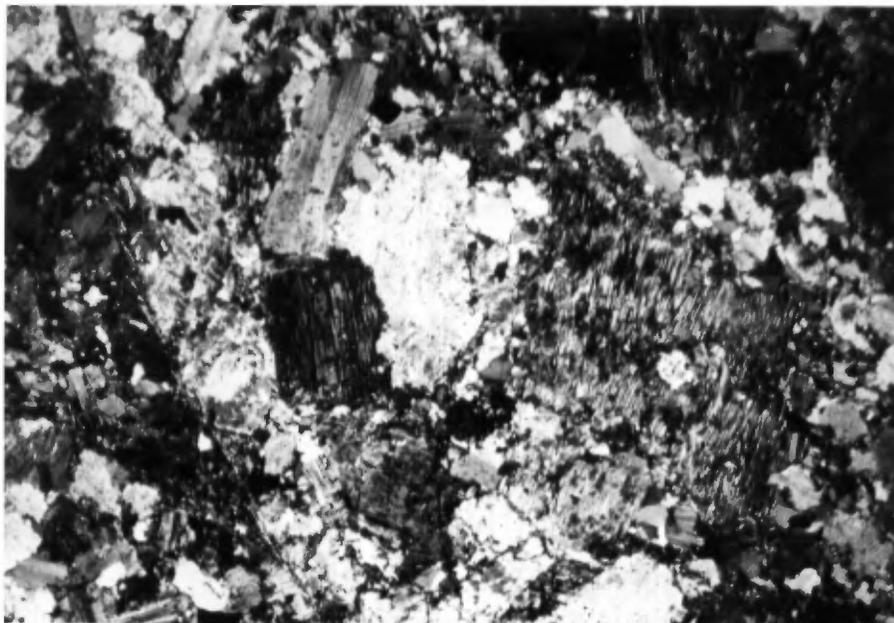


Photo 4 Monzonite fortement cataclasée et albitisée. Gros grains d'albite à macles courbées (nicols croisés, X 10).



Photo 5 Monzonite altérée constituée essentiellement d'albite en bordure d'une veine de quartz. Grains d'albite finement maillée qui ont remplacé des grains de perthite de dimension comparable (nicols croisés, X 10).

calcique tel que l'épidote (tableau 5). Les minéraux ferromagnésiens originaux sont entièrement remplacés par des agrégats de petits grains de carbonate-biotite-pyrite ou carbonate-biotite-magnétite. Nous n'avons observé des restes d'amphibole que dans une seule lame mince. Les analyses de Chainey montrent d'ailleurs que tout le calcium du stock est essentiellement contenu dans la calcite (figure 8).

La pyrite est répandue dans toute la cheminée: les nombreux échantillons analysés par Chainey contiennent en moyenne 0,5% S (tableau 6) et aucun échantillon ne contient moins de 0,17% S. Nous avons mentionné que le minerai à forte teneur d'or se distingue visuellement par une teneur un peu plus élevée en pyrite. Les travaux de Chainey (figure 9) montrent que le soufre est enrichi dans la partie nord du stock, ce qui correspond bien avec les zones de minerai. La pyritisation a pu suivre la formation de magnétite et s'effectuer surtout à ses dépens. Des échantillons non cataclasés et avec peu de pyrite contiennent jusqu'à 1% de magnétite secondaire tandis que les échantillons riches en pyrite n'en contiennent pas.

L'albitisation ou remplacement plus ou moins complet de la perthite par de l'albite finement maclée n'a été observée que dans une partie mineure des lames minces étudiées. Elle est notable dans les roches fortement cataclasées et dans les épontes non cataclasées mais légèrement blanchies de certaines veines de quartz (photos no 4 et 5). Les analyses de Chainey (1983) confirment un apport de Na et un départ de K dans certains échantillons déformés ou cataclasés (tableau 6). Nous avons observé de l'or fin dispersé dans deux échantillons albitisés et

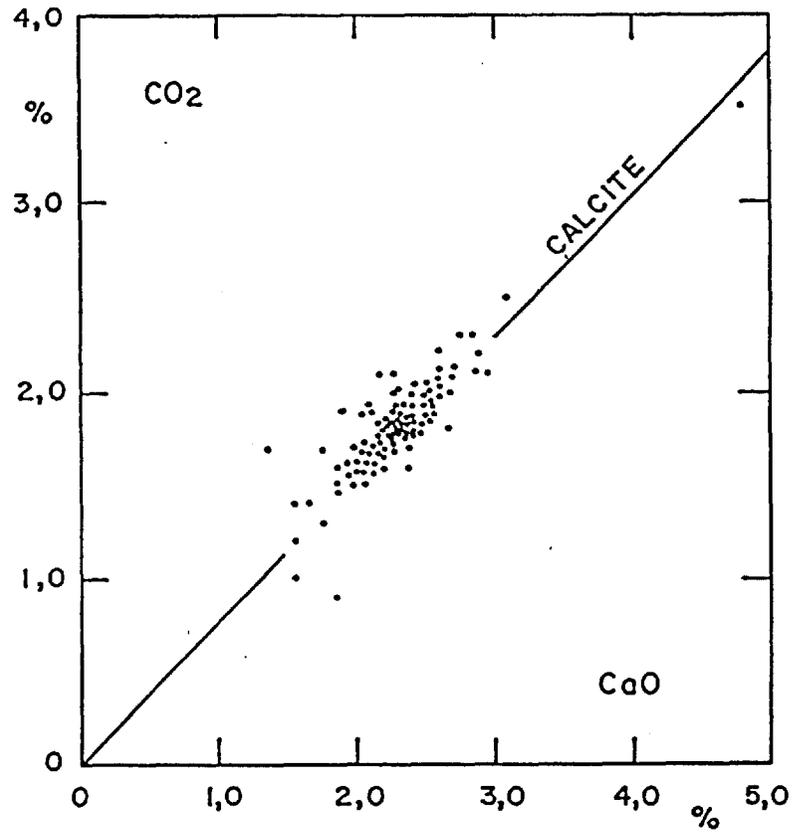


Figure 8 Diagramme CaO vs CO₂. Tout le calcium du stock de monzonite est essentiellement contenu dans la calcite (d'après Chainey, 1983).

cette altération semble reliée d'assez près à la minéralisation aurifère.

V.2.1.3. Minéralogie

Une liste des minéraux rencontrés dans la monzonite quartzifère et les veinules est donnée au tableau 5. Certains minéraux sont associés à l'or, d'autres ne le sont pas. Nous avons déjà mentionné que certains types de veines de quartz ne semblent pas reliés directement à la minéralisation aurifère. Le quartz des veines aurifères est gris ou blanc grisâtre et translucide. Le quartz saccharoïde, souvent bleuté, des veines situées dans les failles tardives dans le stock n'est pas favorable à l'or.

L'or visible se rencontre surtout dans les veinules de quartz. De l'or fin a aussi été observé au microscope dans la monzonite albitisée en bordure des veines et dans la monzonite cataclasée et fortement albitisée. Cette dernière contient généralement des petites veinules et lentilles de quartz. Il fait peu de doute que la majeure partie de l'or est dans les veinules de quartz-calcite et leurs épontes pyriteuses immédiates. L'or semble surtout libre et disséminé dans le carbonate et les silicates. Il se rencontre souvent près de la pyrite dont il recouvre parfois les faces cristallines (Meikle, 1970). Une faible quantité d'or se retrouve en fines inclusions de 3 à 20 microns dans la pyrite.

Les sulfures sont associés à l'or. Ils consistent essentiellement de pyrite avec des traces de chalcopryrite, de galène et de molybdénite.

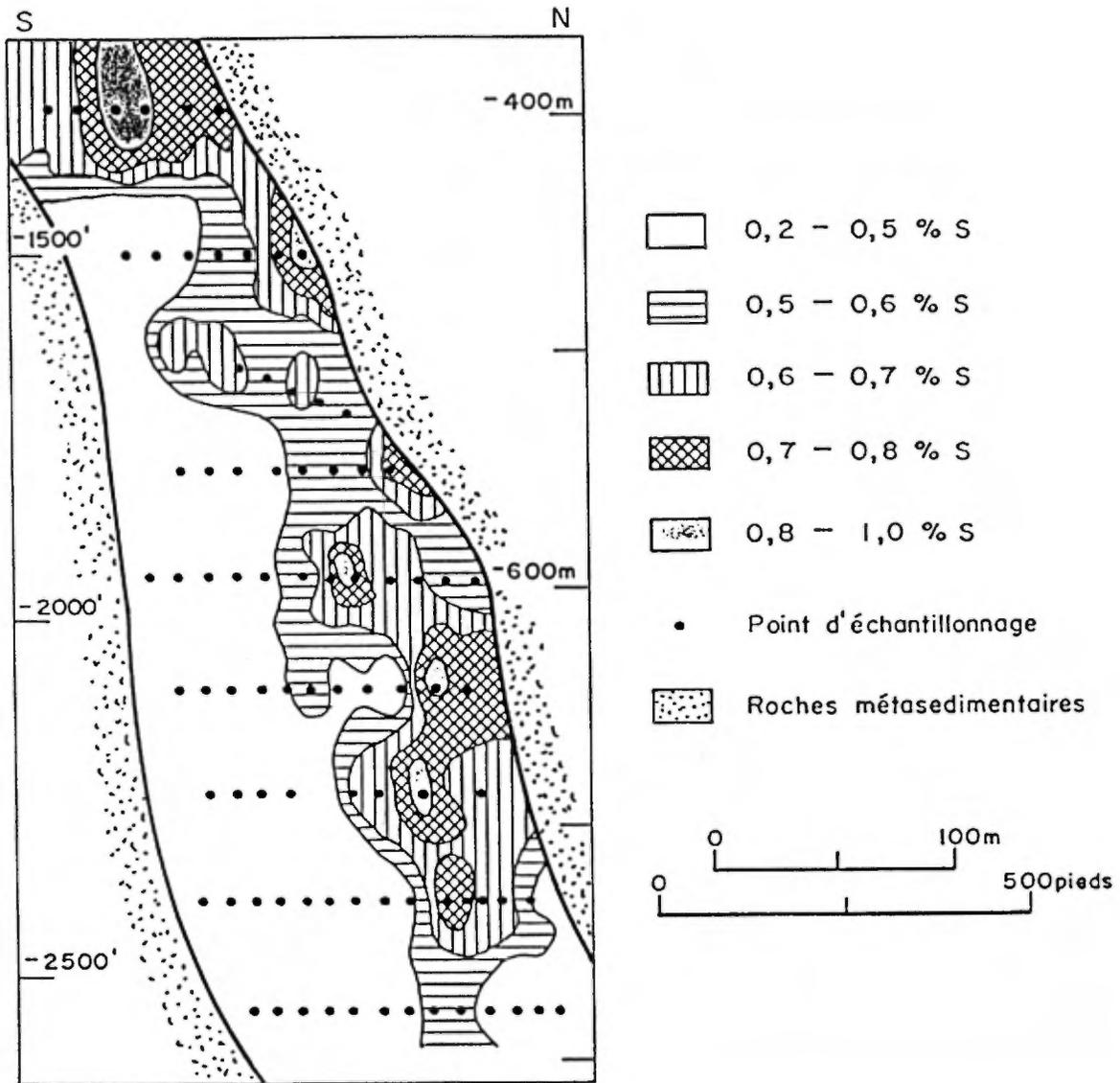


Figure 9 Le soufre est concentré dans la partie nord du stock de monzonite. Coupe transversale du stock projetée sur un plan vertical NS (d'après Chainey, 1983).

La pyrrhotite est extrêmement rare et ne se rencontre qu'en inclusions dans la pyrite. Les tellurures et la scheelite s'observent surtout dans les veines à forte teneur d'or (Meikle, 1970; Mahoney, 1967; Alderton, 1984).

Le minerai contient des traces d'hématite et de barytine, ce qui indique des conditions relativement oxydantes. L'âge relatif de ces minéraux n'est pas connu. Les ions sulfates sont possiblement reliés à la phase minéralisatrice mais le barium vient probablement du feldspath potassique. Les analyses de Chainey (1983) indiquent que la monzonite albitisée a perdu un peu de barium (tableau 6).

V.2.1.4. Géochimie

Les données géochimiques de Chainey (1983) sont incorporées dans d'autres sections du présent rapport. Cet auteur a aussi montré que des traces d'or sont distribuées un peu partout dans le stock. La teneur médiane des échantillons analysés est d'environ 300 ppb Au. Pour les échantillons pris dans la partie sud du stock, la médiane est de 150 ppb. L'or est sans doute l'élément dont la teneur est la plus variable dans tout le stock: de 10 à 50 000 ppb.

Chainey (1983) a montré une corrélation positive entre Au et S ainsi qu'avec W. Il n'y a pas de corrélation significative entre Au et As ou Sb dans le stock. Nous verrons qu'il y en a une dans le minerai hors du stock.

V.2.2. Minéralisation de failles hors du stock

V.2.2.1. Aspect et distribution du minerai

Les failles tardives sont faiblement minéralisées sur presque toute leur longueur dans la mine. Ce sont des zones de cisaillement de 1 ou 2 m d'épaisseur, fortement séricitisées et pyritisées. Elles contiennent souvent des veines de quartz centimétriques ou décimétriques dans leur partie centrale. L'analyse montre communément de basses teneurs en or (1-2 g/t). Ces failles, qui recoupent les formations à angle faible, peuvent s'élargir et constituer des zones économiques lorsqu'elles intersectent des unités lithologiques ou des structures favorables. Certaines structures sont mentionnées plus loin (contrôle structural). Les raisons pourquoi du minerai se forme à un endroit plutôt qu'ailleurs sont souvent obscures mais les roches les plus cassantes et les plus riches en magnétite sont nettement plus favorables.

Le granophyre, qui a fourni la majorité du minerai hors du stock, est plus cassant que les roches volcaniques ou sédimentaires à cause de sa composition felsique. La zone de cisaillement se perd parfois en entrant dans le granophyre qui se fracture dans diverses directions et la trace de la faille peut être difficile à suivre. Le granophyre non altéré a une bonne teneur en magnétite (5%) et la ferrodiorite adjacente en a plus encore (5-15%). Les zones de failles ou de fractures minéralisées contiennent une bonne proportion de veines de quartz et une quantité variable de pyrite remplace la magnétite. La teneur en or est proportionnelle à la teneur en pyrite qui peut atteindre 20 à 30% dans le minerai de bonne teneur (6 à 12 g/t). La plongée des zones

minéralisées est vers le NE, tout comme l'axe du pli de phase 2 (figure 7). Le granophyre et la ferrodiorite ont fourni peu de minerai au-dessus du niveau 1 300 (400 mètres) mais ce type devient important en-dessous. Les dimensions et teneurs des lentilles minéralisées sont variables. Une lentille importante au niveau 2 700 a 200 m de longueur horizontale et 3 à 5 m d'épaisseur (elle n'est pas uniquement dans le granophyre mais déborde dans la ferrodiorite adjacente). La roche peut être fracturée et minéralisée sur des épaisseurs considérables entre deux zones de failles mais la teneur peut être basse: une lentille a 20 m d'épaisseur à une teneur de 3 g/t. La teneur du minerai de granophyre et de ferrodiorite déjà extrait est de 4,3 g/t, sensiblement plus basse que celle du minerai provenant du stock de porphyre. Tout ce "minerai de diorite" a été extrait d'un secteur situé de 50 à 300 m à l'est du stock.

La formation de fer montre bien le contrôle chimique exercé par la magnétite sur la formation de pyrite et la teneur en or. En bordure de failles ou de fractures, toute la magnétite peut être remplacée par une pyrite massive (50%) à grain moyen (1-5 mm). Ces couches de remplacement peuvent se terminer brusquement à quelques décimètres de la fracture. Des veines de quartz dans la pyrite massive montrent parfois des quantités spectaculaires d'or visible. Ces zones de quartz et pyrite sont à très bonne teneur (20 à 50 g/t) mais elles n'ont, le plus souvent, que 0,1 à 1 m d'épaisseur. La longueur horizontale des zones minéralisées est également faible (parfois 20-30 m) car elle est fonction de la faible épaisseur de la formation de fer et de sa

rencontre oblique avec la zone de faille. Localement, des petits plis à plongée NE doublent l'épaisseur de la formation de fer et augmentent sa fracturation. En bref, la formation de fer a fourni du minerai de bonne teneur (jusqu'à 20 g/t) mais en quantité minime.

Chacune des autres lithologies a aussi fourni du minerai mais en quantité relativement faible. Toutes les lithologies contiennent un peu de magnétite mais ce n'est pas le seul facteur de contrôle. Le schiste à biotite-muscovite a produit du minerai de bonne teneur dans des zones de failles situées tout près du stock aux niveaux supérieurs. Ce minerai avait une teneur en pyrite de 5 à 10%.

V.2.2.2. Structures favorables

La rencontre des failles et des roches compétentes est sans doute un facteur de première importance pour la formation de minerai mais d'autres facteurs sont reconnus localement:

- (1) intersection ou rapprochement de deux failles. Une fracturation secondaire peut s'établir entre 2 failles rapprochées. La zone de minerai de diorite de 20 m d'épaisseur déjà mentionnée est située à l'intersection de 3 failles tardives (A, C et B₂).
- (2) Des changements dans le pendage des failles sont favorables à certains endroits.
- (3) Des petits plis parasites ou d'entraînement qui augmentent l'épaisseur et la fracturation de la formation de fer.
- (4) Contact entre deux lithologies différentes. Le contraste de ductilité peut augmenter les contraintes locales. Du minerai de

faille a été extrait au contact du mica-schiste et du stock.

V.2.2.3. Altération

L'altération est complexe et sa pétrographie n'a pas été étudiée. Nous énumérons donc simplement les phénomènes les plus évidents. La minéralisation de failles est toujours associée à:

- une pyritisation intense - plus de 50% de pyrite dans la formation de fer, jusqu'à 30-40% dans la ferrodiorite, 5-10% dans les schistes pélitiques;
- veines et veinules de quartz abondantes;
- carbonatation (calcite et dolomite), particulièrement intense dans les roches mafiques (20-25% carbonate)
- addition de K: muscovite et biotite;
- chlorite relativement abondante (elle est absente dans la ferrodiorite non altérée);
- albitisation locale possible mais non confirmée;
- halo possible de magnétite qui est discuté plus loin.

Les minéraux d'altération: muscovite, chlorite, biotite, albite et carbonate, sont ceux qu'on rencontre dans le faciès métamorphique des schistes verts, zone de la biotite.

V.2.2.4. Minéralogie

Les minéraux associés à l'or sont les mêmes que dans le stock mais la teneur en pyrite et en carbonate est ici beaucoup plus élevée. Deux autres distinctions ont aussi été notées. Le minerai de faille contient

des traces d'arsénoopyrite qu'on n'a pas notées dans le stock. Une petite quantité d'anhydrite (1%) semble commune dans certaines zones minéralisées. Elle est aussi disséminée dans la roche à certaine distance des zones minéralisées. Des traces d'hématite sont présentes.

V.2.2.5. Géochimie

Chainey (1983) a établi le profil géochimique d'un grand nombre d'éléments au travers d'une zone minéralisée dans la faille "A" dans les schistes pélitiques. Les éléments suivants montrent un enrichissement qui coïncide exactement avec la zone aurifère ou qui forme un halo débordant un peu plus loin.

(entre parenthèses: facteur d'enrichissement pic/bruit de fond de l'élément)

- | | |
|---|--|
| (1) Éléments enrichis restreints
à la zone aurifère | Au (X300), S (X15),
As (X200), Sb (X100), Ba (X5) |
| (2) éléments enrichis formant un halo
de 2-3 m autour de la zone aurifère | CaO (X2), CO ₂ (X30), W (X10) |
| (3) éléments enrichis formant un halo
de 5-10 m autour de la zone aurifère | K ₂ O (X2), Rb (X2) |

Les autres éléments majeurs ou mineurs ne montrent pas d'enrichissement. La figure 10 montre ces profils. Tout ceci indique

de façon semi-quantitative les éléments ajoutés lors de la période de minéralisation aurifère. Ces données s'appliquent apparemment au minerai de faille dans la ferrodiorite et les autres lithologies mais ne s'appliquent pas au stock où l'or ne montre une corrélation positive qu'avec S et W.

V.2.2.6. Halo de magnétite

Dans le stock, une altération des cristaux ferromagnésiens en magnétite, biotite et carbonate a probablement précédé ou accompagné la phase initiale de pyritisation. Les traces d'hématite sont possiblement reliées à cette phase oxydante. La magnétite est répandue dans toute la mine et toutes les lithologies, sans exception, peuvent en contenir localement. Elle est peu abondante, souvent absente, dans les andésites, tufs, conglomérats et schistes pélitiques mais peut atteindre 1 ou 2% par endroits. Cette présence semble anormale puisque la magnétite est pratiquement absente dans les basaltes du Malartic inférieur. L'altération en magnétite dans le stock montre qu'il peut s'agir d'une altération semblable hors du stock. La distribution de la magnétite et l'étendue de cette anomalie ne sont malheureusement pas connues. Une anomalie aéromagnétique très forte est centrée sur la mine Camflo mais elle est surtout causée par la formation de fer et la ferrodiorite. Il y a donc possibilité, mais ça n'est pas prouvé, qu'un halo de magnétite secondaire entoure la mine. Cette hypothèse est surtout mentionnée à cause de son utilité possible en exploration.

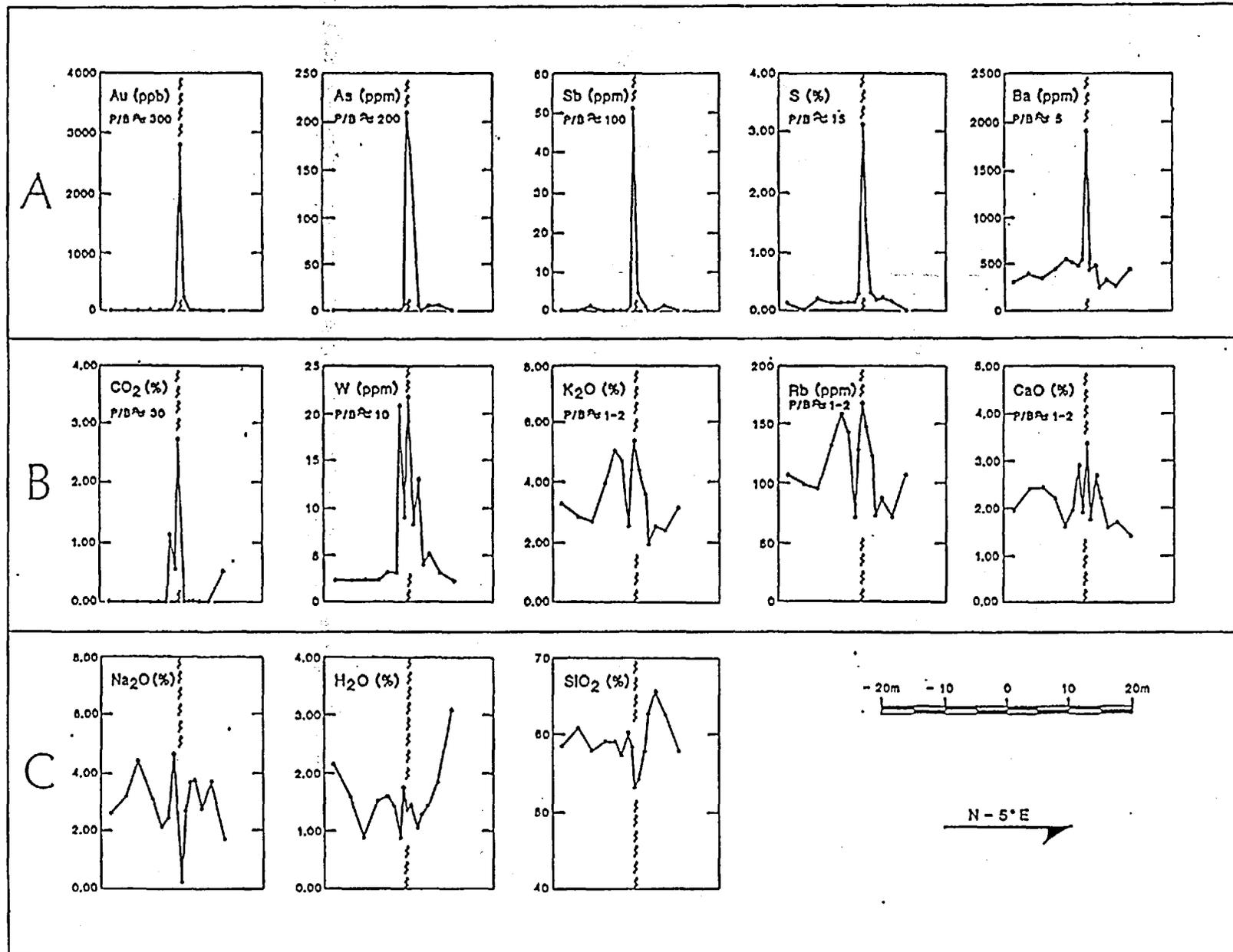


Figure 10 Profils géochimiques au travers d'une zone minéralisée: faille "A" dans les schistes pélitiques, niveau 900 (d'après Chainey, 1983).

V.3. DISCUSSION

V.3.1. Âge relatif des minéralisations dans et hors du stock

La minéralisation hors du stock est peut-être légèrement plus tardive que celle du stock. Elle est clairement contrôlée par les failles tardives et celles-ci recourent obliquement les zones minéralisées du stock sans effet apparent (figure 5). De plus, l'altération intense du microcline en muscovite le long des failles est probablement plus tardive que la cataclase durant laquelle le microcline était stable ou transformé en albite. Nous croyons cependant que toute la minéralisation aurifère est reliée à une même période hydrothermale qui a pu évoluer avec le temps. La minéralisation hors du stock a pu s'amplifier sitôt que celle du stock a commencé à décroître.

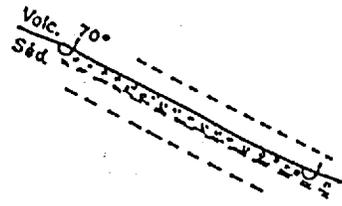
V.3.2. Séquence chronologique

La séquence chronologique près de la mine pourrait être la suivante. Certains aspects en sont illustrés à la figure 11.

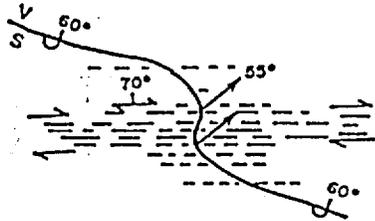
- 1- Déposition du Malartic inférieur puis des laves tholéitiques et des andésites calco-alcalines du Héva.
- 2- Injection de filons-couches tholéitiques différenciés avec grandes lentilles de granophyre; Âge inconnu, présumément pénécemporain aux laves du Héva.
- 3- Déposition des sédiments volcanoclastiques du Kewagama et des groupes supérieurs.
- 4- Plissement de la phase 1, couches stratigraphiques inversées à

- environ N 120°/60-80°NE, schistosité régionale et métamorphisme près de la limite inférieure du faciès amphibolite.
- 5- Plis de phase 2 à plans axiaux $\approx 90^\circ/70^\circ$ N, formant un pli complexe en Z s'accroissant en profondeur, la partie synclinale est antiforme. Le pli peut s'expliquer par une zone de déformation ou de dislocation $\approx 90^\circ/70^\circ$ N avec mouvement subhorizontal dextre, ou mouvement inverse ou une combinaison de ces deux mouvements (figure 11).
 - 6- Injection du stock de Camflo durant la déformation et selon l'axe du pli. La mésoperthite abondante suggère un magma relativement sec de type hypersolvus.
 - 7- Fracturation et cataclase du stock par la persistance de la déformation de phase 2. Minéralisation: tendance des zones minéralisées à une orientation $90^\circ/70^\circ$ N parallèle au plan axial avec plongée selon l'axe du pli.
 - 8- Failles tardives et minéralisation dans le granophyre et les autres lithologies. Conditions de P et T correspondant au faciès métamorphique des schistes verts, zone de la biotite, donc rétrograde par rapport au pic métamorphique thermique. Les failles sont courbes et tendent à suivre le pli en Z: elles sont peut-être affectées par la persistance de la déformation de phase 2.

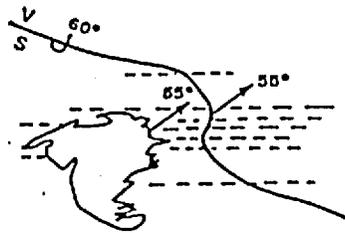
L'injection du stock, la fracturation et la minéralisation semblent donc toutes reliées à la déformation de la phase 2.



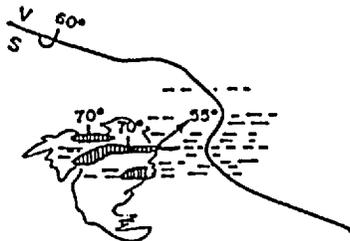
1 Plissement de la phase 1, couches renversées, schistosité régionale \approx N 120°
Métamorphisme: limite inférieure du faciès amphibolite.



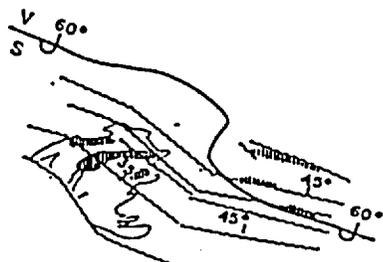
2a Pli de phase 2, plus accentué en profondeur, plan axial \approx 90°/70° N
La déformation peut s'expliquer par un mouvement subhorizontal dextre ou subvertical inverse.



2b Injection du stock de Camflo durant la déformation. Plusieurs apophyses à \approx 90°/70° N.



2c Minéralisation du stock. Tendance des zones minéralisées à \approx 90°/70° N, plongée \approx 55° NE par persistance du mouvement de phase 2.



2d Failles tardives et minéralisation hors du stock. Métamorphisme rétrograde: zone de la biotite.

Figure 11 Schéma illustrant la suite possible des événements à la mine Camflo, vues en plan.

V.3.3. Contrôles de la minéralisation

V.3.3.1. Contrôle chimique

La mine Camflo fournit un bel exemple du contrôle chimique de la minéralisation aurifère par la teneur en fer de la roche et, surtout, par sa teneur en magnétite. Dans la formation de fer et la ferrodiorite, la teneur en pyrite est surtout fonction de la magnétite remplacée et la teneur en or est à peu près proportionnelle à la teneur en soufre. Dans le stock, la faible quantité de pyrite vient de la faible teneur originale en fer et la formation de pyrite est probablement précédée par la formation de magnétite. Ici également, il y a une certaine correspondance entre les teneurs d'or et de pyrite. Cependant, le rapport Au/S est très différent dans le minerai de porphyre et le minerai de diorite: les teneurs moyennes pourraient être de 7 g/t Au et 1% S dans le stock et 5 g/t Au, 5-10% S dans la diorite. Peut-être que les solutions minéralisatrices étaient un peu plus diluées en or dans le cas du minerai de faille mais bien d'autres facteurs ont également pu jouer.

V.3.3.2. Contrôle structural

Le contrôle de l'emplacement du stock par le pli de phase 2 et le contrôle du minerai de diorite par les failles tardives ont été mentionnés. Nous n'y reviendrons pas.

La monzonite quartzifère et le granophyre ont fourni presque tout le minerai. Ces roches diffèrent en âge et en composition chimique et minéralogique. Leur facteur commun est sans doute leur nature siliceuse

et cassante: ce sont les roches les moins ductiles de la mine. Leur fracturation multiple et leur cataclase a donné aux solutions minéralisatrices accès à un grand volume de roche. L'importance de ceci peut être réalisée par la constatation que la formation de fer donne un matériel d'excellente teneur mais malheureusement l'altération ne se répand le plus souvent qu'à quelques centimètres ou décimètres d'une fracture unique.

Il est étrange que les failles tardives ne donnent pas de minerai dans le stock qui avait été si favorable auparavant (si l'on admet une légère différence d'âge dans la minéralisation). C'est peut-être que le stock contient peu de fer et la minéralisation tardive avec possiblement un faible rapport Au/S n'y était pas favorisée. De plus, le microcline s'est transformé en muscovite abondante pour donner une roche ductile dans les failles tardives. Dans la cataclase antérieure, le microcline était soit granulé, soit transformé en albite cassante. Le granophyre, qui ne contient pas de microcline, a formé peu de minéraux ductiles.

V.3.4. Genèse de la minéralisation

Parce que le stock est d'aspect peu altéré, que le minerai est peu distinct du porphyre stérile et que le contrôle structural n'est pas évident, certains auteurs ont supposé que l'or est arrivé avec l'intrusion (Mahoney, 1968; Parry, 1977), qu'il a été concentré dans une phase volatile résiduelle et qu'il a été remobilisé par la déformation tardive. La minéralogie hypersolvus suggère cependant un magma relativement sec. L'or est sûrement l'élément dont la teneur est la

plus variable dans l'intrusion et nous ne croyons pas qu'il soit arrivé dans le magma. Il est relié à une phase d'altération et de pyritisation très étendue dans le stock et cette altération est moindre où le stock est moins déformé.

Meikle (1970) a proposé que la cheminée déjà solidifiée était reliée à une masse batholitique en fusion en profondeur. Cette dernière contenait une phase gazeuse à basse teneur d'or. La fracturation de la cheminée subverticale a permis l'accès des solutions minéralisatrices aux roches plus froides près de la surface. A cet endroit, le soufre a réagi avec la magnétite pour former la pyrite qui précipita l'or. Nous acceptons l'essentiel de cette hypothèse mais nous désirons souligner certains points: (1) d'abord, l'importance de la déformation qui a fracturé et cataclasé les roches cassantes. Comparés aux autres roches ductiles, la monzonite et le granophyre formaient de véritables aquifères potentiels à perméabilité causée par la fracturation près du pli de phase 2. A cause de leur grande extension subverticale, ils ont servi de conduits aux solutions minéralisatrices ascendantes. Celles-ci étaient restreintes ou canalisées par les roches ductiles environnantes, donc peu perméables; (2) l'abondance des solutions minéralisatrices qui ont causé une altération très étendue du stock et dans toute la mine; (3) il se peut que les solutions minéralisatrices ne soient pas dérivées d'une masse magmatique mais générées par le métamorphisme profond comme proposé par Kerrich (1983) et Colvine et al. (1984). Le point n'est pas critique et l'hypothèse magmatique a l'avantage que la minéralisation du stock a probablement suivi d'assez près sa

consolidation; (4) enfin, si l'or est transporté par des complexes sulfurés, la réaction du soufre avec la magnétite des roches pour former la pyrite pourra causer la déposition de l'or.

V.4. CONCLUSIONS

La mine d'or Camflo, l'une des plus profitables du district de Val d'Or - Malartic, est surtout située dans une cheminée ou petit stock de dimensions comparables à celles de la cheminée principale de la mine Lamaque. Cette monzonite quartzifère porphyrique se distingue des autres roches intrusives du district par une forte teneur en K_2O . Elle est riche en mésoperthite et s'apparente au granite hypersolvus formé à partir d'un magma relativement sec. Le stock est tardicinématique. Il est contemporain à un petit pli de phase 2 qui a contrôlé son emplacement et sa déformation subséquente.

La grande majorité du minerai vient du stock. L'or est associé à un peu de pyrite et il se retrouve surtout dans de nombreuses veinules de quartz et dans leurs épontes immédiates. Visuellement, le minerai diffère peu du porphyre stérile. Ce dernier contient en moyenne 150 à 300 ppb Au. Le stock est une roche cassante et la minéralisation est reliée à la fracturation multiple et à la cataclase causées par une déformation qu'on suppose reliée au pli de la phase 2.

Une quantité subordonnée de minerai vient de roches-hôtes situées hors du stock. Cette minéralisation, possiblement un peu plus tardive que celle du stock, est plus riche en pyrite et elle est clairement

contrôlée par une famille de failles. La lithologie la plus favorable de ce groupe secondaire est un granophyre ou diorite siliceuse formée par différenciation de filons-couches tholéitiques. Sa nature cassante a facilité le passage des solutions minéralisatrices et sa teneur relativement élevée en magnétite a favorisé la formation de pyrite abondante et la déposition de l'or.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les dirigeants de la Société Minière Barrick (Canada) Inc. et de la société Malartic Hygrade Gold Mines (Canada) Ltd qui ont autorisé cette étude et sa publication. Nous remercions également les membres du personnel géologique de la mine dont les observations accumulées au cours des ans constituent l'essentiel de ce rapport.

La préparation du rapport a été rendue possible grâce à un octroi de recherche du Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec à l'Institut de Recherche en Exploration Minérale.

BIBLIOGRAPHIE

- ALDERTON, D.H.M. (1983a): Further specimens of high grade gold mineralised porphyry from the Camflo mine - 450 foot, 900 foot, 1 300 foot and 1 500 foot levels, Camflo property. Rapport interne, Les Mines d'or Malartic Hygrade (Canada) Ltée, 9 p.
- ALDERTON, D.H.M. (1983b): Specimens of low grade gold-mineralised porphyry drill core from the Malartic Hygrade - Camflo joint project 2 850 foot level, Camflo Mine. Rapport interne, 11 p.
- BABINEAU, J. (1982): Évolution géochimique et pétrologique des séries volcaniques de la région de Cadillac-Malartic, Abitibi. Mémoire de maîtrise. Université de Montréal, 130 p.
- BABINEAU, J. (1983): Carte géologique et structurale de la région du lac Malartic. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, DP 83-20, 1 carte.
- CHANEY, D. (1983): Paramètres pétrographiques et géochimiques du gisement d'or de la mine Camflo, Québec, Canada. Thèse de maîtrise, École polytechnique de Montréal, 215 p.
- COLVINE et al. (1984): An integrated model for the origin of Archean lode gold deposits. Ontario Geological Survey, open file report 5524, 98 p.
- DIMROTH, E., IMREH, L., ROCHELEAU, M. et GOULET, N. (1982): Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. Canadian Jour. of Earth Sciences, 19, pp. 1729-1758.
- DIMROTH, E., IMREH, L., GOULET, N. et ROCHELEAU, M. (1983a): Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical model. Canadian Jour. of Earth Sciences, 20, pp. 1355-1373.
- DIMROTH, E., IMREH, L., GOULET, N. et ROCHELEAU, M. (1983b): Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi belt. Part III: Plutonic and metamorphic evolution and geotectonic model. Canadian Jour. of Earth Sciences, 20, pp. 1374-1388.
- GUNNING, H.C. et AMBROSE, J.W. (1940): Malartic area. Geol. Surv. of Canada, Memoir 222, 142 p.
- HUBERT, C., TRUDEL, P. et GÉLINAS, L. (1984): Archean Wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River group, Abitibi belt, Quebec. Jour. canadien des sciences de la terre, 21, pp. 1024-1032.

- IMREH, L. (1976): Nouvelle lithostratigraphie à l'ouest de Val d'Or et son incidence géologique. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Québec, DPV-349, 73 p.
- IMREH, L. (1984): Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanologique, lithostratigraphique et géologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MM 82-04, 72 p.
- KERRICH, R. (1983): Geochemistry of gold deposits in the Abitibi greenstone belt. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, special volume 27.
- LUDDEN, J., HUBERT, C. et GARIEPY, C. (1986): The tectonic evolution of the Abitibi greenstone belt of Canada. Geological Magazine, 123 (2), pp. 153-166.
- LATULIPPE, M. (1976): Excursion géologique Val d'Or - Malartic. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, DP-367, 124 p.
- MAKILA, A. (1980): Camflo Mines Limited. Gold Symposium and field excursion, Val d'Or - Kirkland Lake - Timmins, Geological Division, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, pp. 60-69.
- MAHONEY, G. (1968): Étude pétrographique et minéralogique de l'intrusion porphyrique aurifère de Camflo Mines. Projet de fin d'études, École polytechnique, 41 p.
- MARTIN, R.F. et BONIN, B. (1974): Water and magma genesis: the association hypersolvus granite - subsolvus granite. Canadian Mineralogist, V. 14, pp. 228-237.
- MEIKLE, B.K. (1967): Camflo Mines Limited. Dans "Canadian Institute of Mining and Metallurgy Centennial Field Excursion, Northwestern Quebec - Northern Ontario", pp. 24-25.
- MEIKLE, B.K. (1970): Camflo Mines Limited - Geology and Mining. Canad. Inst. Min. Metall. Bull., V. 63, pp. 1406-1410.
- NORMAN, G.W.H. (1942): The Cadillac synclinal belt of northwestern Quebec. Royal Society of Canada Transactions, V. 36, sec. 4, pp. 89-97.
- NORMAN, G.W.H. (1948): Major faults, Abitibi region. Dans: "Structural geology of Canadian ore deposits", Canad. Inst. of Min. and Metal., pp. 822-839.
- PARRY, S.E. (1977): Gold mineralization and wall rock alteration at the Camflo mine, Val d'Or, Quebec. B.Sc. Thesis, Queen's University, Kingston, Ont., 43 p.

PERRAULT, G. et GIOVENAZZO, D. (1983): Quelques observations sur le titre de l'or dans le minerai de la mine Camflo. Rapport interne, Les Mines Camflo Limitée, 25 p.