

MB 2001-01

CONTEXTE GEOLOGIQUE DE LA MINE EAST-SULLIVAN, REGION DE VAL-D'OR, SOUS-PROVINCE DE L'ABITIBI

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 

Contexte géologique de la mine East-Sullivan, région de Val-d'Or, Sous-province de l'Abitibi

Sébastien Lavoie
Pierre Pilote
Wulf U. Mueller

MB 2001-01



2001

DOCUMENT PUBLIÉ PAR GÉOLOGIE QUÉBEC



Direction

Alain Simard

Service géologique du Nord-Ouest

Robert Marquis

Responsable du processus des études

Pierre Verpaelst

Manuscrit accepté pour publication le 01/02/15

Affiliation des auteurs

Sébastien Lavoie (Université du Québec à Chicoutimi)

Pierre Pilote (Ministère des Ressources naturelles)

Wulf U. Mueller (Université du Québec à Chicoutimi)

Lecture critique

Mathieu Piché

Édition sommaire

Jean-Pierre Lalonde

NOTE

Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit soumis par les auteurs sauf pour une vérification et une mise en page sommaire destinées à assurer une qualité convenable de reproduction. Le manuscrit a cependant fait l'objet d'une lecture critique et de commentaires aux auteurs avant la remise de la version finale au ministère.

RÉSUMÉ

La Formation de Val-d'Or, composée d'un assemblage de roches volcano-sédimentaires tholéiitiques à calco-alkalines, comprise dans la zone volcanique sud de la sous-Province de l'Abitibi, est l'hôte de plusieurs gisements de sulfures massifs volcanogènes, incluant celui de East-Sullivan (16,5 Mt @ 1,03% Cu, 0,70% Zn et 0,329 g/t Au).

La séquence stratigraphique contenant le gîte de SMV forme un empilement homoclinal à polarité sud. La séquence de East-Sullivan se compose, dans l'ordre stratigraphique, de matériel volcanoclastique mafique à intermédiaire (>1 km), de coulées massives de composition intermédiaire à felsique (500 m), de laves coussinées intermédiaires (25 m) et de tufs fins felsiques (75 m). Les tufs fins sont recouvert par une unité de laves intermédiaires massives qui scelle le système. À l'est, le pluton monzonitique de East-Sullivan (2684 +/-1 Ma) recoupe la minéralisation, au sud le gisement est tronqué par une série de dykes dioritiques porphyriques. Selon les informations disponibles, la minéralisation était présente dans un réseau de stockwerk associé à une fracturation et au remplacement de l'unité tufacée. Le minerai était dispersé dans une vingtaine de lentilles présentant des compositions légèrement différentes, ces variations permettant d'observer une zonation du zinc dans le gisement. Les lentilles de zinc sont concentrées à la base stratigraphique au nord du gisement. Elles sont discordantes avec les unités lithologiques locales alors que les lentilles de cuivre-zinc semblent être

sub-concordantes aux unités felsiques. Le gisement est aussi recoupé par deux réseaux de failles à pendage SE et SW.

L'altération hydrothermale entourant le gisement est caractérisée par la présence de séricite et de chlorite. Une auréole de 500 m localisée aux marges du pluton East-Sullivan, qui englobe le site de la mine, montre un métamorphisme au grade amphibolite et une altération dominée par l'épidote. L'absence de zone lessivée en alcalins aux environs de la mine laisse supposer que la cheminée d'altération est, située soit en profondeur, soit détruite par la mise en place du pluton.

La cartographie de surface a permis de mettre à jour un assemblage de tufs fins, de tufs à lapilli à fragments vésiculaires et de lobes rhyolitiques massifs qui semble être l'extension latérale du gisement. Ces lobes felsiques surmontent un petit horizon de brèche de coussins de composition intermédiaire, aligné avec la base du gisement. Ces niveaux stratigraphique peuvent se suivre sur plus d'un kilomètre à l'ouest du gîte. Cependant dans leur extension distale les tufs felsiques remaniés sont progressivement remplacés par des niveaux de mudstone. La compilation des données de la mine indique la présence d'un haut topographique, ou dôme rhyolitique, ayant servi à focaliser la minéralisation. Plus de 60% du minerai exploité se serait accumulé dans une dépression comblée principalement par du matériel volcanoclastique et située à la base de cette petite construction volcanique.

TABLE DES MATIÈRES

1. CADRE GÉOLOGIQUE	1
1.1 LOCALISATION ET HISTORIQUE	1
1.2 MÉTALLOGÉNIE DES SULFURES MASSIFS	1
2. STRATIGRAPHIE DES ROCHES VOLCANIQUES	3
2.1 STRATIGRAPHIE GÉNÉRALE	3
2.2 DESCRIPTIONS DÉTAILLÉES	5
2.2.1 VOLCANOCLASTITES DE LA FORMATION DE VAL D'OR	5
2.2.2 RHYOLITES DE EAST-SULLIVAN	5
2.2.3 ANDÉSITES DE EAST-SULLIVAN	6
2.2.4 TUFES DE EST-SULLIVAN	6
3. GÉOCHIMIE DES ROCHES VOLCANIQUES	9
3.1 GÉOCHIMIE PRIMAIRE	9
3.1.1 AFFINITÉS VOLCANIQUES	9
3.1.2 ÉLÉMENTS DU GROUPE DES TERRES RARES (ETR)	9
3.2 ALTÉRATION	11
3.2.1 GÉNÉRALITÉ	11
3.2.2 MINÉRAUX D'ALTÉRATION NORMATIFS	13
3.2.3 COMPOSITION MINÉRALOGIQUE	13
4. MÉTALLOGÉNIE DU GISEMENT DE EAST-SULLIVAN	13
4.1 DISTRIBUTION SPATIALE	13
4.2 MINÉRAI DE SULFURES MASSIFS	13
4.2.1 ASSEMBLAGE PYRRHOTITE-CHALCOPYRITE (PYRITE)	13
4.2.2 ASSEMBLAGE PYRITE-SPHALÉRITE (GALÈNE)	16

5. DISCUSSION ET CONCLUSIONS	16
6. RÉFÉRENCES	19
7. ANNEXE	21
PHOTOGRAPHIES 1 À 16	22
DONNÉES LITHOGÉOCHIMIQUES	26

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURE 1 : Figure 1: Géologie simplifiée de la région de Val d'Or.	2
FIGURE 2 : Géologie locale et position des affleurements de la mine East-sullivan.	4
FIGURE 3 : Colonnes stratigraphiques simplifiées de la séquence de la mine.	5
FIGURE 4 : Coupe de la stratigraphie locale au gisement section 3700E de la mine.	5
FIGURE 5 : Zone d'affleurement 97-SL-1055	7
FIGURE 6 : Affleurement 98-SL-1102	8
FIGURE 7 : Diagramme binaire de Zr contre Y pour toutes les roches volcaniques de East-Sullivan	10
FIGURE 8 : Diagramme binaire de TiO_2 contre Zr pour toutes les roches volcaniques de East-Sullivan	10
FIGURE 9 : Diagramme binaire de discrimination Zr/TiO_2 contre Nb/Y	11
FIGURE 10a : Diagrammes binaire de Yb c. Zr pour les roches volcaniques massives de East-Sullivan	11
FIGURE 10b : Diagrammes binaire de La c. Zr pour les roches volcaniques massives de East-Sullivan	11
FIGURE 11 : Diagramme des ÉTR pour les rhyolites de East-Sullivan	12
FIGURE 12 : Diagramme des ÉTR pour les andésites de East-Sullivan	12
FIGURE 13 : Diagramme des ÉTR pour les volcanoclastites de East-Sullivan	12
FIGURE 14 : Indice d'éléments majeurs à partir d'un traitement de minéraux normatif	14
FIGURE 15 : Plan composite du niveau et de composition des lentilles minéralisées	15
FIGURE 16 : Modèle de mise en place du gisement East-sullivan	18
TABLEAU 1 : Statistiques de production de la mine East-Sullivan	1
TABLEAU 2 : Composition moyenne des différentes lentilles de la mine East-Sullivan	16

1. CADRE GÉOLOGIQUE

1.1 Localisation et historique

La mine East-Sullivan est située à moins de six kilomètres de la ville de Val-d'Or (SNRC 32C/04) dans la partie Ouest du canton de Bourlamaque (Fig. 1).

Le gisement fut découvert par le géologue George Dumont au milieu des années quarante. En 1944 une anomalie magnétique a été délimitée suite à un levé géophysique au magnétomètre (Assad, 1958). Une campagne de forages fut effectuée en 1944-1945 pour vérifier l'anomalie. Vers la fin de 1945 deux lentilles de sulfures massifs étaient connues. Un puit d'exploration fut creusé en 1946 et vers la fin de 1947, 3,5 Mt de minerai avec une teneur moyenne de 2,2% Cu était délimitées (Assad, 1958). La mine entra en production le 2 janvier 1949 avec une

production journalière moyenne de 2500 tonnes par jour pour la première année (Tab. 1). La teneur moyenne du minerai a diminué de façon constante tout au long de l'exploitation de la mine. Ces faibles teneurs ont obligé au début des années soixante à porter l'extraction de minerai à plus de 2800 tonnes par jour. En 1956 le puit a été approfondi à 4000 pieds et durant les années subséquentes des galeries d'explorations ont été creusé mais sans permettre l'augmentation des réserves. Lors de la dernière année d'opération la production de la mine provenait principalement de l'exploitation des piliers de surface. La mine a cessée sa production en 1967 avec seulement 165 000 tonnes de réserves connues. Au total, plus de 16 millions de tonnes de minerai avec des teneurs moyennes de 1,023 % Cu, 0,695 % Zn et 0,329 g/t Au (Pilote *et al.*, 1997) ont été extraites de vingt-quatre lentilles de sulfures massifs.

Tableau 1 : Statistiques de production de la mine East-Sullivan

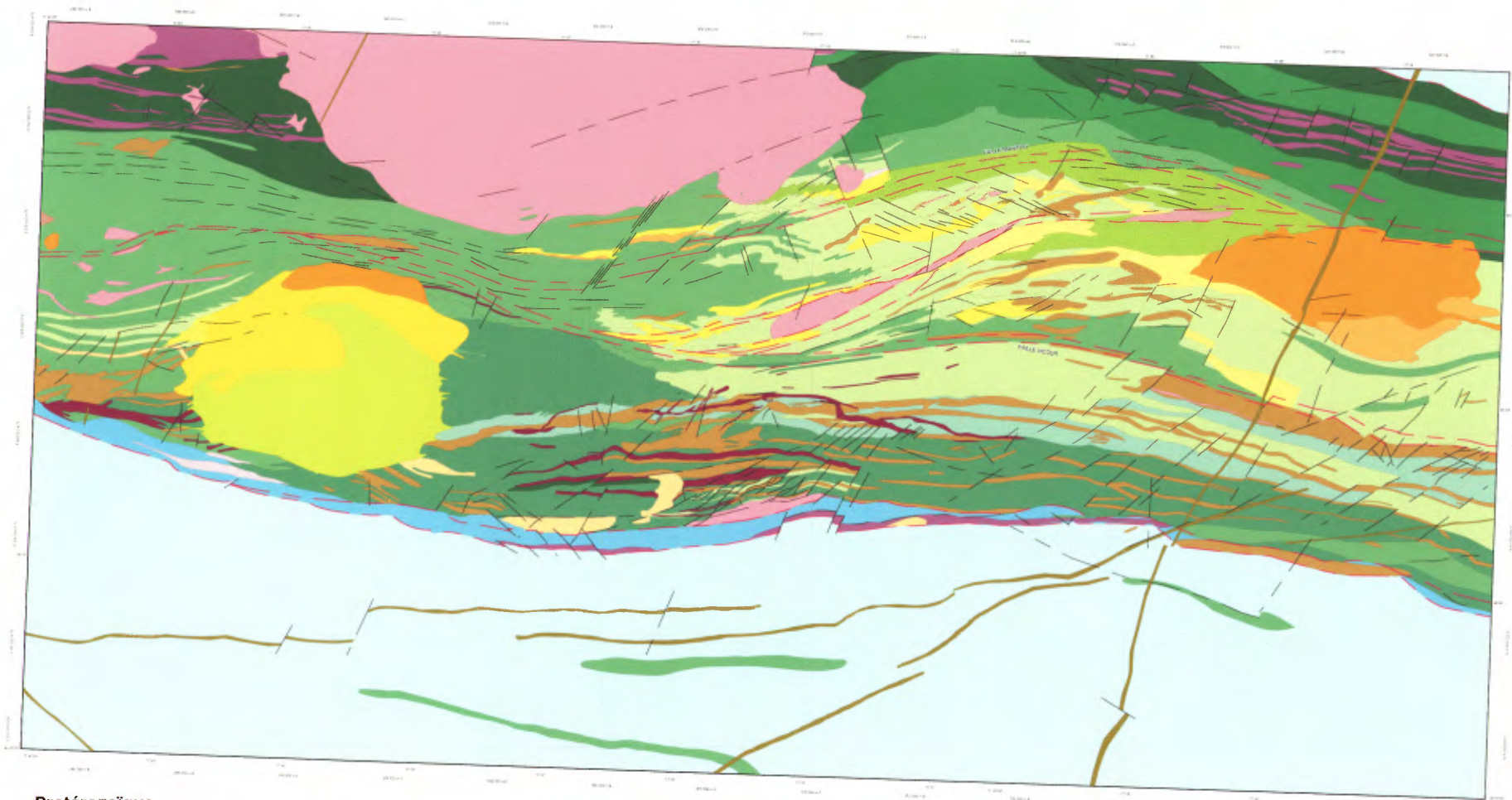
Année	Tonnes usinées	Cu %	Zn %	Au once/t	Ag once/t	Moulin t/jour	Réserves connues t
1949	768 746	2,05	1,14	0,02	0,51	2 500	4 372 000
1950	869 587	2,16	2,09	0,03	0,78	2 383	4 918 000
1951	904 762	1,64	1,90	0,03	0,61	2 479	4 375 252
1952	898 338	1,75	1,45	0,02	0,49	2 454	3 826 577
1953	909 140	1,38	0,45	0,01	0,32	2 550	3 421 000
1954	916 119	1,13	0,10	0,01	0,20	2 550	3 402 500
1955	958 225	0,92	0,88	0,01	0,27	2 550	3 405 700
1956	895 188	1,00	0,69	0,01	0,31	2 550	3 435 500
1957	905 241	0,95	0,44	0,01	0,28	2 480	3 104 000
1958	896 375	0,75	nd	0,00	0,17	2 455	3 050 000
1959	957 137	0,75	0,76	0,00	0,17	2 620	3 004 000
1960	974 532	0,70	1,18	0,01	0,38	2 663	2 790 000
1961	674 802	0,69	0,47	0,01	0,19	2 817	2 550 000
1962	997 403	0,72	0,61	0,01	0,22	2 733	2 100 000
1963	1 017 575	0,63	0,15	0,00	0,17	2 760	1 560 000
1964	990 669	0,53	0,32	0,00	0,17	2 710	1 177 000
1965	993 321	0,54	0,19	0,00	0,13	2 721	350 000
1966	954 536	0,61	nd	0,00	0,13	2 700	165 000
Total:	16 481 696	1,03	0,70	0,01	0,30	2 595	

1.2 Métallogénie des sulfures massifs volcanogènes (SMV)

Les SMV à Cu-Zn archéens ont été subdivisés en deux types par Morton et Franklin (1987): Noranda et Mattabi. Cette classification se base sur la bathymétrie présumée de mise en place, sur le type d'altération et sur la distribution des zones d'altérations.

Le premier est le type Noranda nommé selon les gîtes de la région de Rouyn-Noranda (Franklin, 1993), est aussi représentatif des gites de la région de Matagami au Québec, de même que ceux de Flin-Flon au

Manitoba (Franklin, 1996). Ces gisements sont réputés s'être formés à des profondeurs supérieures à 500 mètres. Les faciès volcaniques sont généralement massifs et il n'y a pas de signe d'explosion hydrovolcanique (Morton et Franklin, 1987). L'absence d'explosion sous-marine est probablement causée par le confinement des laves par la forte pression exercée par l'eau (Fisher, 1984). Cependant les faciès autoclastiques et de fragmentation hydroclastique peuvent être présents car ils sont indépendants de la pression externe (Fisher et Schmincke, 1984). La cheminée d'altération



Protérozoïque

Dykes de diabases

Archéen

Sous-province du Pontiac

Sédiments gréseux (Sous-province de Pontiac)

Sous-province d'Abitibi

Dykes porphyriques à feldspath

Suite intrusive monzonitique

Suite intrusive tonalite / diorite quartzifère

Sédiments (Groupe de Cadillac)

Suite diorite-tonalite

Formation de Héva

Intrusions gabbroïques

Volcanites mafiques tholéiitiques

Formation de Val-d'Or

Filon-couche de Dunraine (diorite et diorite à quartz)

Volcanoclastites silicifiées et carbonatées

Volcanoclastites intermédiaires porphyriques à feldspath

Volcanites felsiques

Volcanites intermédiaires à felsiques et tufs associés

Volcanites intermédiaires sphérulitiques

Volcanites intermédiaires à mafiques

Formation de Jacola

Volcanites mafiques

Volcanites mafiques à intermédiaires tholéiitiques

Volcanites ultramafiques

Zone de cisaillement

Faille

Figure 1: Géologie simplifiée de la région de Val d'Or, feuillets 32C04-200-0102 et demie Est de 32C03-200-0101 (modifiée de Pilote et al., 1999).

discordante des gisements Noranda est caractérisée par la chlorite magnésienne, le quartz, la séricite et les carbonates (Franklin, 1996; Groves et Barley, 1994; Morton et Franklin, 1987).

Le type Mattabi a été défini avec les gîtes de la région de Sturgeon Lake, Ontario (Groves et Barley, 1994). D'autres exemples sont les gisements de Hackett River, Territoires du Nord-Ouest, Kidd Creek, Ontario (Franklin, 1996), la mine Moberly, Québec (Larocque et Hodgson, 1993) et Normetal, Québec (Lafrance *et al.*, 2000). Les unités lithologiques encaissantes des gisements de type Mattabi sont dominées par les roches volcaniques fragmentaires. On retrouve des tufs, des coulées pyroclastiques et hyaloclastiques et des brèches de coulées (Groves *et al.*, 1988; Morton et Franklin, 1987; Morton *et al.*, 1991). La minéralisation se trouve aux unités de tufs fins lités d'origine pyroclastique (Morton *et al.*, 1991). Les laves bréchiques et à coussins sont aussi présentes (Groves *et al.*, 1988) avec un important pourcentage d'amygdules (jusqu'à 50%) (Morton et Franklin, 1987). Ces assemblages de roches hautement vésiculaires et bréchiques sont interprétés comme des gîtes formés par l'interaction explosive de l'eau et du magma en milieu sous-marin peu profond ou subaérien (Groves *et al.*, 1988; Morton et Franklin, 1987; Morton *et al.*, 1991). L'absence de vésicularité dans les roches produites à grande profondeur est cependant remise en cause. La découverte de basaltes vésiculaires qui se seraient mis en place sous plus de 1800 m d'eau jette un doute sur ce critère de bathymétrie (Gill *et al.*, 1990).

La zone d'altération sous les gisements de type Mattabi est moins bien définie, généralement plus large et la zonation des paragenèses d'altération est plus diffuse que celle présente sous le type Noranda (Franklin *et al.*, 1975; Morton et Franklin, 1987). Les minéraux d'altération y sont: la chlorite ferrique, les carbonates de fer, la séricite et le quartz (Fig. 4) (Franklin, 1990; Morton et Franklin, 1987). Contrairement aux gisements de type Noranda, la zone d'altération semi-concordante et la cheminée d'altération ont une composition similaire. (Morton et Franklin, 1987). La distinction entre ces deux faciès doit donc être établie avec d'autres critères que la paragenèse d'altération. La sidérite est le carbonate d'altération dominant dans la cheminée d'altération (Franklin *et al.* 1975) alors que c'est l'ankérite dans la zone semi-concordante (Morton et Franklin, 1987). La zonation des types carbonates semble contrôlée par deux facteurs, (a) la composition originale de la roche hôte, et (b) la proximité des zones d'altérations recoupantes riches en fer qui se retrouvent communément sous les gîtes de SMV (Galley, 1993).

2. STRATIGRAPHIE DES ROCHES VOLCANIQUES

2.1 Stratigraphie générale

La séquence stratigraphique de la mine East-Sullivan semble être monoclinale avec une polarité vers le sud (Fig. 2) (Lavoie *et al.*, 1999). De façon simplifiée, cette séquence représente un empilement volcanique débutant d'une composition mafique à intermédiaire pour évoluer vers une composition felsique (Fig. 3). La base de la séquence se compose d'une suite d'accumulation volcanoclastiques basaltiques à andésitiques de plus d'un kilomètre d'épaisseur. Ces volcanoclastites, composées de tufs à bloc et à lapilli à phénocristaux de hornblende et de feldspath, sont caractéristiques des niveaux centraux de la Formation de Val d'or. Ces volcanoclastites sont surplombées par un ensemble de lobes et de dykes rhyolitiques variant entre 500 et 200 mètres d'épaisseur. Le contact entre les volcanoclastites et le complexe rhyolitiques n'est pas exposé. Cependant selon les relations géométriques entre les affleurements, une zone de transition si elle existe, ne peut pas excéder plus d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur. Ceci indique probablement un changement abrupte dans l'évolution du régime volcanique. De rares niveaux de matériel volcanoclastique de moins de dix mètres d'épaisseur sont interdigités entre les lobes felsiques mais ils constituent moins de 5 % de la séquence. Le troisième ensemble lithologique de la séquence est une mince (<25 m) série de coulées andésitiques coussinées à massives. Ces laves andésitiques semblent représenter l'unité basale du gisement de East-Sullivan. L'unité suivante constitue l'encaissant du gisement, c'est un ensemble de tufs felsiques fin à grossier en lits métriques et associés avec des lobes décimétriques bréchifiés de rhyolite. La séquence de la mine se termine par des coulées andésitiques massives. Les premiers affleurements ensuite visibles au sud du gisement consiste en un complexe de lave basaltique et de dykes tous tholéitiques appartenant probablement à la Formation de Héva sus-jacente en séquence continue avec la Formation de Val d'Or (Pilote *et al.*, 1999).

Outre les roches volcaniques, quelques unités de roches intrusives sont présentes dans la région du gisement de East-Sullivan. Sous le gîte quelques intrusions porphyriques à quartz et feldspaths ont été mises en évidence par de nombreux forages. Des indices de minéralisations aurifères sont d'ailleurs associés avec ces porphyres (Simard, 1991). Le gisement de East-Sullivan est lui même recoupé par deux séries de dykes. La première, la diorite porphyrique de Bourlamaque, est un important dyke syn-volcanique dioritique à phénocristaux de feldspaths verts. Ce dyke, d'une épaisseur de près de cent mètres (Fig. 4), recoupe au Sud-Est la partie

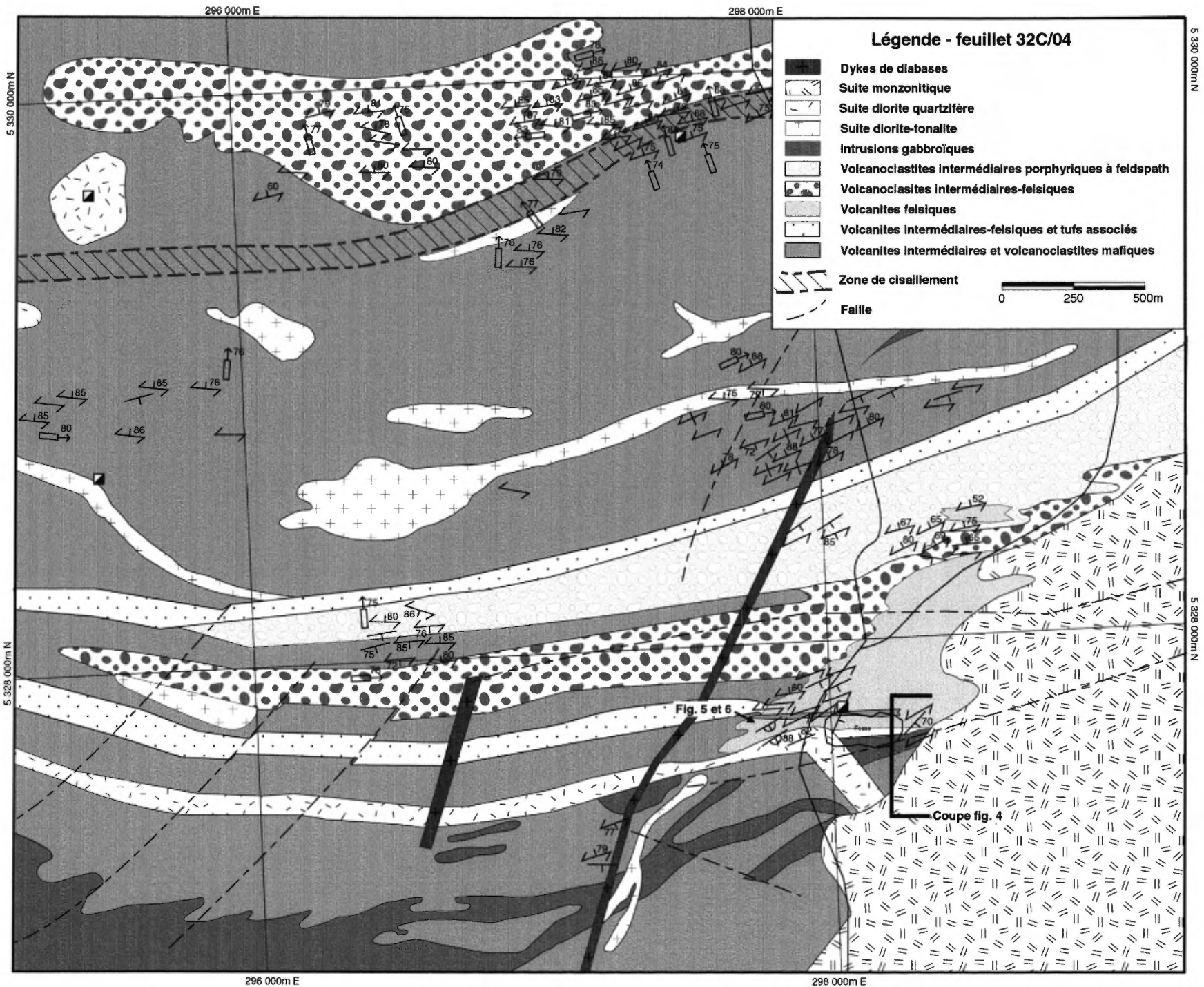


Figure 2: Géologie locale et position des affleurements de la mine East-sullivan, système de coordonnées UTM nad 83 (Modifié de Lavoie et al. 1999).

supérieure du gisement pour être ensuite tronqué à son tour par les unités subséquentes. La seconde série de dyke, est illustré par le porphyre de East-Sullivan, d'âge tardive (2684 +/-1 Ma) (Pilote *et al.*, 1999) à phénocristaux de feldspath rose. Ce dyke est probablement contemporain au Pluton de East-Sullivan parfois aussi nommé "Centre Post" (Bérubé, 1974). Le Pluton de East-Sullivan est une intrusion multiphasée concentrique de 5 kilomètre de diamètres de composition monzonitique à trachytique (Assad, 1958; Bérubé, 1974; Taner, 1996). Cet intrusif tardif recoupe la partie Est du gisement de East-Sullivan et fût autrefois associé à tord à la genèse du gite de sulfures massifs par Assad (1958).

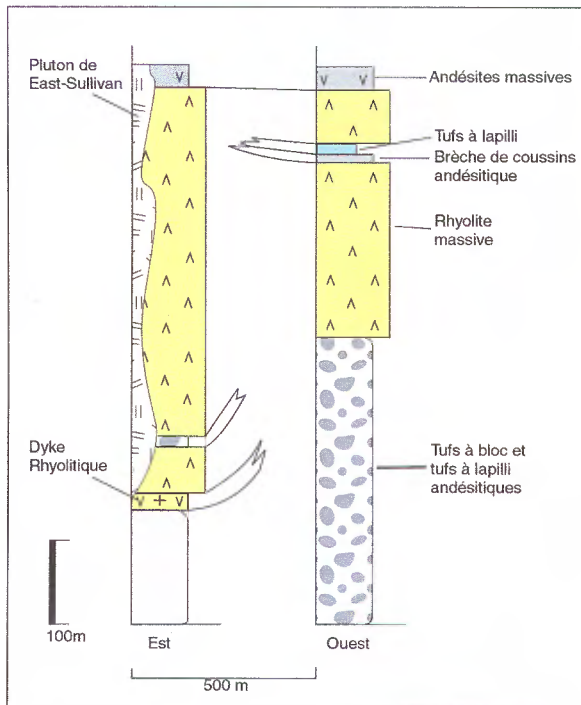


Figure 3: Colonnes stratigraphiques simplifiées de la séquence de la mine. La minéralisation est contenue à l'intérieur de l'unité de tufs à lapilli. Pour la légende se référer à la figure 2.

2.2 Descriptions détaillées

2.2.1 Volcanoclastites de la Formation de Val-d'Or

L'unité de matériel volcanoclastique à la base de la séquence est caractéristique de la Formation de Val d'Or. La roche de couleur verte est composé de tuf à bloc avec des fragment peu déformés flottant dans une matrice de tufs grossiers à cristaux de feldspath. Les fragments mesurent de un à quarante centimètres, ils sont anguleux à sub-anguleux (Simard, 1991) et étirés selon la schistosité. Le niveau de déformation est de plus en plus important vers la zone de cisaillement qui contient le gite aurifère de Aumaque (Fig. 2). Les fragments sont vésiculaires et

contiennent des phénocristaux de hornblende et de feldspaths (Photo 1). Cette unité présente par endroit un très bon litage (10 à 150 cm) et parfois des petits niveaux de lave coussinées intercalées (<3m). Ces lits résultent probablement de processus pyroclastiques primaires et autoclastiques de remaniement. L'orientation moyenne du litage est de 062°N et la schistosité est orientée 075°N. Des unités volcaniques équivalentes à ces volcanoclastites sont visibles jusque dans le territoire de la ville de Val-d'Or.

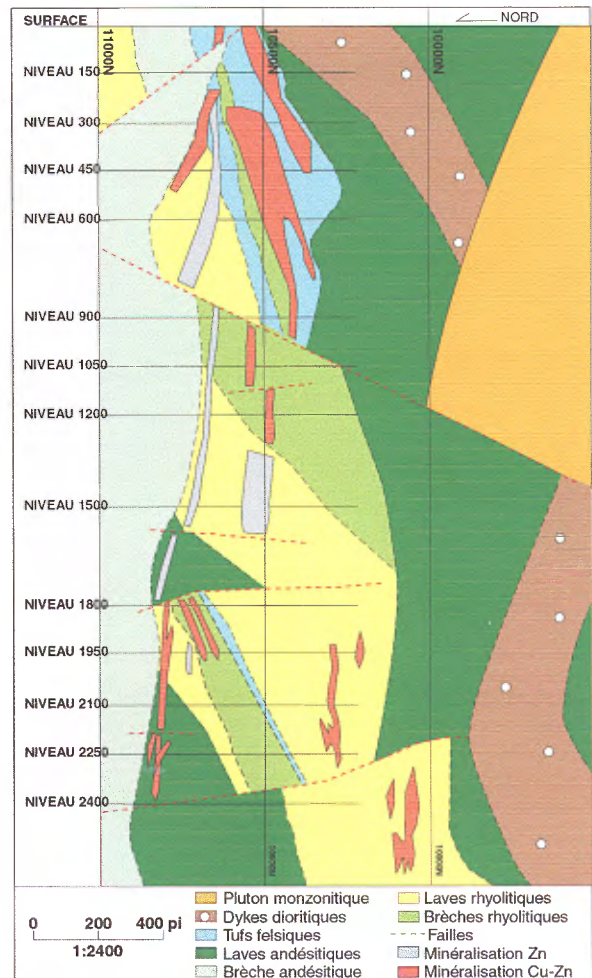


Figure 4: Coupe de la stratigraphie locale au gisement section 3700E de la mine. Portion principale du gisement qui a été exploitée dans la fosse à ciel ouvert. Les grandes lentilles de cuivre sont semi concordantes avec l'unité de tufs felsiques. Les lentilles de zinc-cuivre sont parallèle à la stratigraphie et recouper les assemblages de rhyolites et de brèches rhyolitique. Modifié de Tremblay (1994) et Lavoie et al. (1999)

2.2.2 Rhyolites de East-Sullivan

Les rhyolite de la mine East-Sullivan se présente sous deux faciès distincts. Dans l'ordre

stratigraphique, il y a les lobes massifs recoupés de dykes et les coulées massives à structures d'écoulement laminaire. La zone à lobes et dykes est observable à l'affleurement 97-SL-1020. Des zones de rhyolite blanche massive et recoupés de nombreux joints sont injectées de plusieurs dykes brunâtres peu cisailés (Photo 2). Ces deux lithologies, à première vue différente, ne présentent pas de variation significative au niveau géochimique. La disparité de leur aspect pourrait s'expliquer par une altération précoce. Ainsi, les zones de lobes semblent avoir subi un lessivage précoce à une époque où les dykes étaient absents. Par la suite les laves auraient été fracturées et recoupées par les dykes. Certaines zones de dykes plus massifs exhibent une altération particulière (Photo 3) surnommée "altération zébrée". Il s'agit d'une série de rubannements brun en surface et de couleur rose en surface fraîche. Les bandes sont plus ou moins alignées selon la schistosité et sont constituées de faibles concentrations de biotite métamorphique. Cette altération restreinte à un rayon de 500 m autour du Pluton de East-Sullivan est fort probablement causée par le métamorphisme de contact.

Des tufs fins à grossiers bien stratifiés (affleurement 97-SL-1018) et des tufs à lapilli (affleurement 97-SL-1017) sont intercalés dans la séquence de rhyolite à lobes massifs et à dykes. Les tufs lités sont orientés 080°N avec un pendage de 72° vers le sud et sont composés à 50% de cristaux de feldspaths d'une taille moyenne de un millimètre. Cette unité est probablement représentative des tufs à cristaux observés en forage et décrit par Simard (1991). Les tufs à lapilli (Photo 4) affichent un aspect plus hétéroclite et leur stratification se confond avec la schistosité. La schistosité orientée 062°N est bien soulignée par une altération zébrée similaire à celle affectant les dykes. Les fragments sont aphanitiques, sub-arrondis, chloritisés et une faible proportion de lapillis présente une vésicularité de 15%.

La partie supérieure du complexe rhyolitique de East-Sullivan à coulées massives et laminaires est caractérisée par la quasi absence de texture et de structure volcanique. La rhyolite est d'un bleu gris foncé en surface fraîche et blanchâtre sur la patine d'altération. La région située directement sous le chevalement de la mine est extrêmement massive, même la schistosité orientée 075°N est difficile à percevoir dans ces laves. La schistosité peu développée est cependant caractéristique des environs de la mine et souligne le faible niveau de déformation qui y est associé. À certains endroits (affleurement 97-SL-1036 et 97-SL-1037) l'écoulement est souligné par des amydules de quartz étirées. Leur étirement forme des patrons circulaires qui ne suivent pas la

schistosité apparaît donc primaire. De rares textures d'écoulement laminaire y sont visibles (Photo 5 et 6).

2.2.3 Andésites de East-Sullivan

Les roches andésitiques qui constituent l'unité basale du gisement sont constituées de coulées massives et coussinées dont l'épaisseur totale ne dépasse pas 25 mètres. Ces roches andésitiques semblent représenter un événement volcanique distinct des roches rhyolitiques précédentes. Dans le secteur du groupe d'affleurements 97-SL-1055 (Fig. 5), l'andésite coussinée vert jaunâtre est en contact direct avec la rhyolite lobée bleu gris (Photo 6). Les coussins de lave sont uniformes de forme losangique centimétrique (Photo 7) et à certains endroits les coussins passent graduellement à des brèches de coussins. Certains fragments présentent une bonne vésicularité de 15%, avec des amydules de quartz ayant jusqu'à 7mm de diamètre (photo 8).

L'altération en carbonate est assez intense et est par endroit accompagnée de traces de sulfures donnant une couleur rose rouille à la roche (Photo 9). Outre la carbonatation, de nombreuses veinules millimétriques de chlorite sont présentes et orientées selon la schistosité. Au nord-est de la fosse, l'andésite vert brunâtre est massive, homogène et présente une forte altération chloriteuse (affleurement 97-SL-1087). La chlorite est disséminée dans la roche et sous forme de veinules millimétriques noires. À certains endroits, il est possible d'estimer une densité de plusieurs dizaines de veinules au mètre, toutes étant plus ou moins orientées selon la direction 034°N.

2.2.4 Tufs de Est-Sullivan

L'encaissant principal du gisement est l'unité lithologique la moins bien connue. Selon les descriptions d'observateurs disponibles (Assad, 1958; Bérubé, 1974), la minéralisation est contenue dans une unité de tufs felsiques grossiers lités ayant une orientation 050-060°N et un pendage de 90°, le pendage s'incurve vers le sud en profondeur pour atteindre 65°. Au bord de la fosse, il existe deux occurrences de matériel volcanoclastique (affleurements 97-SL-1081 et 98-SL-1102). Stratigraphiquement, la position de ces affleurements semble se corréliser correctement avec le gisement. Il est donc assumé dans cette étude que l'encaissant de la minéralisation correspond à ces lithologies.

L'affleurement 97-SL-1102 (Fig. 6) a les structures volcano-sédimentaires les plus spectaculaires et les mieux développées de toute la propriété. Cet affleurement se compose en partie de lobe rhyolitique avec son enveloppe de brèche autoclastique. La partie centrale du lobe de rhyolite est massive et est légèrement vésiculaire. Les 15 premiers centimètres

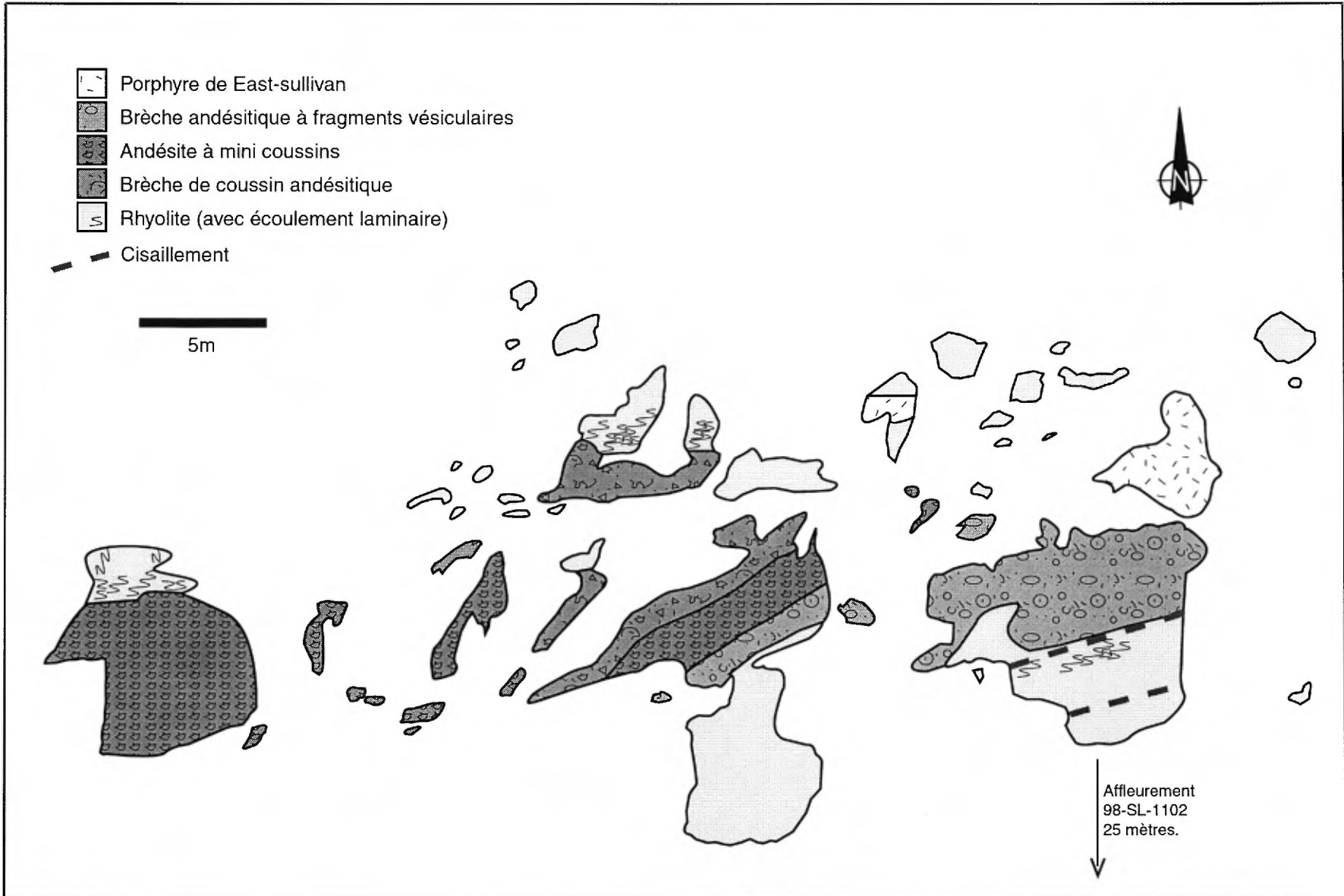


Figure 5: Zone d'affleurements 97-SL-1055, ces affleurements présentent deux des lithologies principales de la mine East-Sullivan. Les andésites coussinées à bréchiées sont interlitées dans des lobes de rhyolites massifs. De nombreuses textures d'écoulement laminaire sont visibles aux parois des lobes.

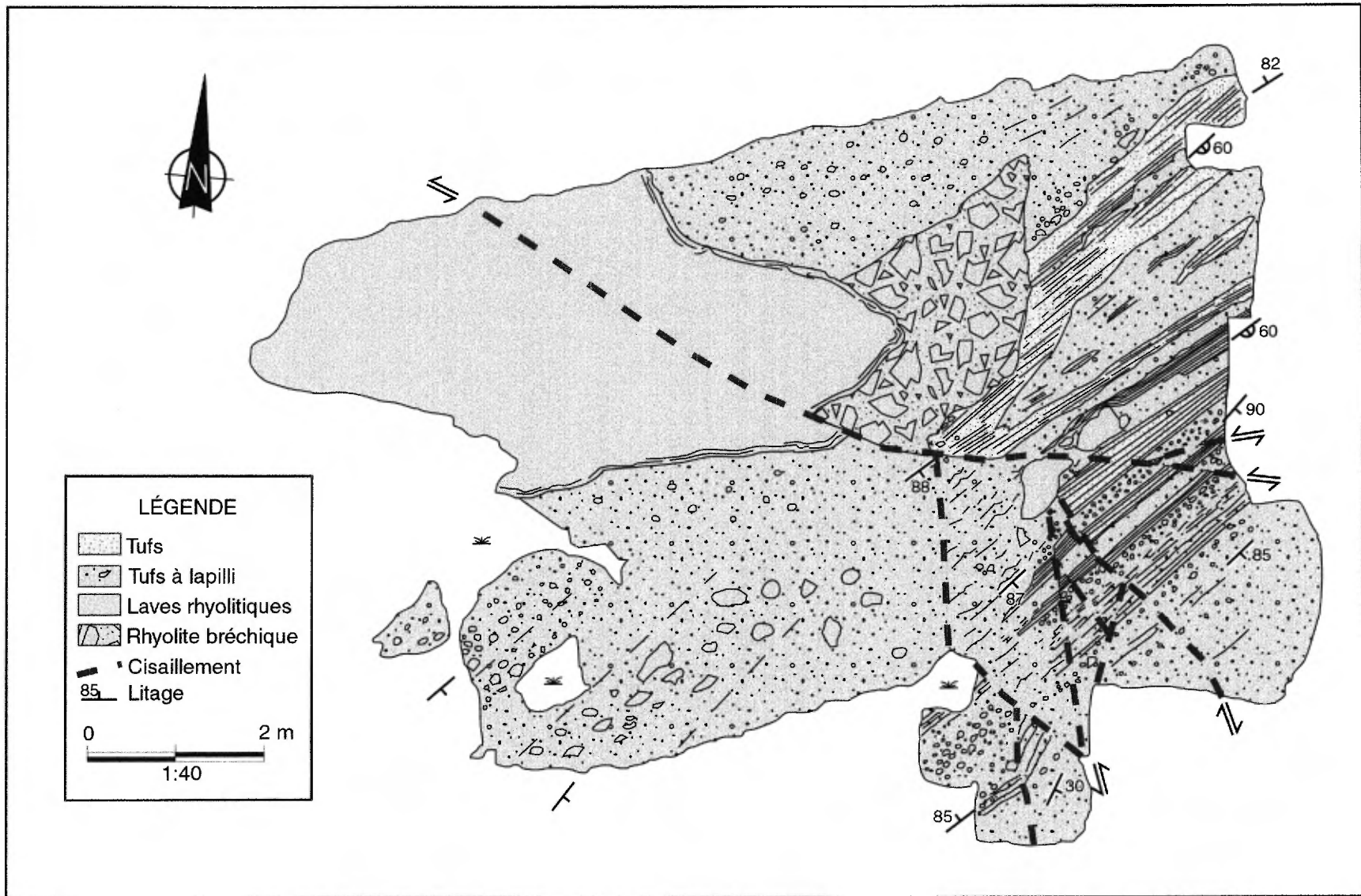


Figure 6: Affleurement 98-SL-1102 montrant les tufs felsiques supposés être l'encaissant du gisement. De nombreux indicateurs de polarités sont visible ainsi que des textures de resédimentation synvolcanique.

de la zone de bordure qui sont en contact avec la brèche sont parsemés de structures d'écoulement laminaire. La brèche est constituée de fragments anguleux qui montrent 5 à 7% d'amygdules. Ces fragments se supportent et sont accompagnés de moins de 15% d'une matrice grossière de composition similaire. La brèche surplombe stratigraphiquement une unité de tufs grossiers et de tufs à lapilli d'origine différente. Les lapillis sont arrondis et contiennent des phénocristaux de feldspath, il n'y a pas de vésicularité apparente. La forme arrondie des lapillis laisse supposer un léger transport. Latéralement, la brèche est recouverte en discordance par une série de tufs fins à grossiers, à cristaux sub-anguleux de 1 à 3 mm et bien lités (Photo 10). Ces tufs présentent de légers granoclassesments et de nombreuses structures érosives qui indiquent tous une polarité vers le sud ($S_0=060^\circ N/85^\circ$). En plus, des structures de charge qui recourbent le litage et des figures d'érosion produites par des retombés de fragment montrent toutes des polarités vers le sud.

La partie plus grossière de tufs à bloc, au nord du lobe massif, montrent des fragments ayant des vésicules maintenant remplies de quartz déformées et étirées dans plusieurs directions. Ces variations d'orientation de l'étirement des vésicules soutiennent une déformation syn-volcanique par écoulement laminaire. Une autre observation pertinente est la présence de fragments de sulfures dans les tufs à lapillis (Photo 12). La mise en place des tufs grossiers et des tufs à lapillis de cette zone s'avère ainsi probablement contemporaine à la phase de minéralisation, responsable du gîte de East-Sullivan.

De nombreuses fractures recoupent l'affleurement mais les décalages apparent sont d'ordre centimétrique seulement. Outre les fractures, l'intensité de la déformation devient faible sur cet affleurement et la schistosité est peu apparente. L'horizon marqueur de tufs est recoupé à moins d'un kilomètre à l'ouest par la zone tectonique de Cadillac et à l'est par le Pluton de East-Sullivan. Une zone de mudstones qui pourrait être l'équivalent distal des tufs à été recoupée par forage à moins d'un kilomètre à l'ouest. Aucun lithologie apparentée n'a été identifiée à l'est du Pluton East-Sullivan.

3. GÉOCHIMIE DES ROCHES VOLCANIQUES

3.1 Géochimie primaire

3.1.1 Affinités volcaniques

Les analyses d'éléments majeurs, d'éléments traces et d'ÉTR ont été fait aux laboratoires du centre de recherche minéral (CRM) du Ministère des Ressources Naturelles du Québec. Les éléments

majeurs sont dosés par fluorescence X avec une préparation sous forme de perle boratée. L'ensemble des éléments traces est dosé par spectrométrie d'émission atomique au plasma, sous forme d'une préparation solubilisée par les acides perchlorique et fluorhydrique. Une partie des résultats d'ÉTR proviennent d'une analyse par activation neutronique selon la méthode analytique de (Bédard et Barnes, 1990). Les analyses d'ÉTR ont été réalisées dans les laboratoires d'analyses géochimiques du département des Sciences Appliquées de l'Université du Québec à Chicoutimi.

Sur un diagramme binaire impliquant les éléments incompatibles Zr et Y, les roches volcaniques massives de la séquence stratigraphique de la mine East-Sullivan se séparent en deux séries d'affinités géochimiques distinctes (Fig. 7). Les roches felsiques sont d'une nature transitionnelle à calco-alkaline alors que les roches mafiques à intermédiaires sont de nature plus tholéiitique. La majorité des rhyolites ont des rapports Zr/Y qui se situent entre 4,5 et 8. Les andésites présentes des ratio Zr/Y entre 2 et 3,5. Les roches volcanoclastiques ne présentent pas d'affinité bien définie, en raison du faible nombre d'échantillons analysés.

L'existence de deux séries distinctes séparant les andésites et les rhyolites est aussi visible sur le diagramme TiO_2 versus Zr (Fig. 8). Les rhyolites ont un ratio Zr/ TiO_2 d'environ 200 alors que les andésites ont un ratio de 50. Ces valeurs placent les andésites dans le champ des andésites basaltiques. Un ratio de 200 pour les rhyolites les place entre les champs des rhyolites B et des andésites. Ces ratios ne sont pas en contradiction avec les compositions qui s'étalent entre les dacites et les rhyolites pour les roches felsiques de East-Sullivan (Fig. 9) (Winchester et Floyd, 1977).

3.1.2 Éléments du groupe des terres rares (ÉTR)

La géochimie des ÉTR peut être utilisée pour déterminer les affinités magmatiques primaires des roches volcaniques. Les roches volcaniques de East-Sullivan forment trois groupes distincts lorsque les données sont présentés sur un diagramme Yb-Z (Fig. 10a). Ces regroupement reflètent ceux observés dans le diagrammes Zr/Y (Fig. 7). Les andésites sont situés dans le champ tholéiitique alors que les roches felsiques s'étalent de transitionnelles à calco-alkaline, cette similarité peut résulter du fait que Yb et Y ont des caractéristiques géochimiques similaires (Barrett *et al.*, 1994). Le rapport Yb/Zr accentue la différence entre les deux familles de rhyolites, cependant aucune évidence de terrain, distribution ou aspect, ne soutient l'existence de ces deux familles de roches felsiques. Cette séparation est encore plus évidente dans un diagramme La-Zr (Fig. 10b). Cependant dans

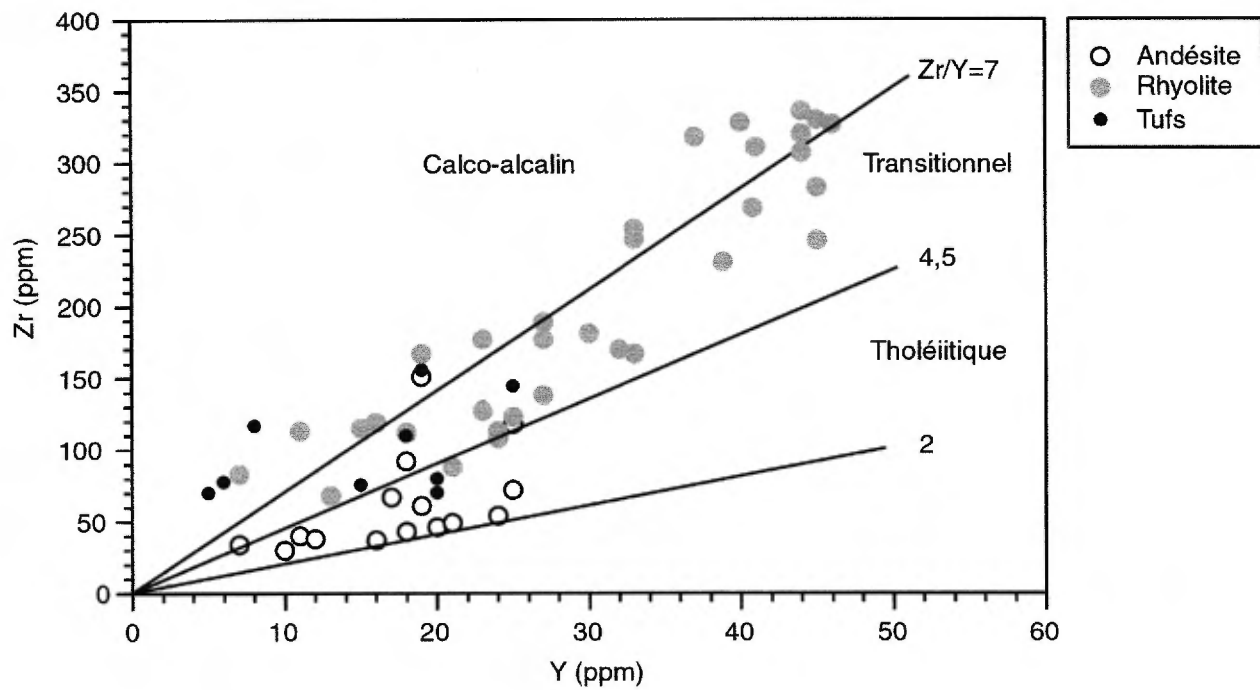


Figure 7: Diagramme binaire de Zr contre Y pour toutes les roches volcaniques de East-sullivan.

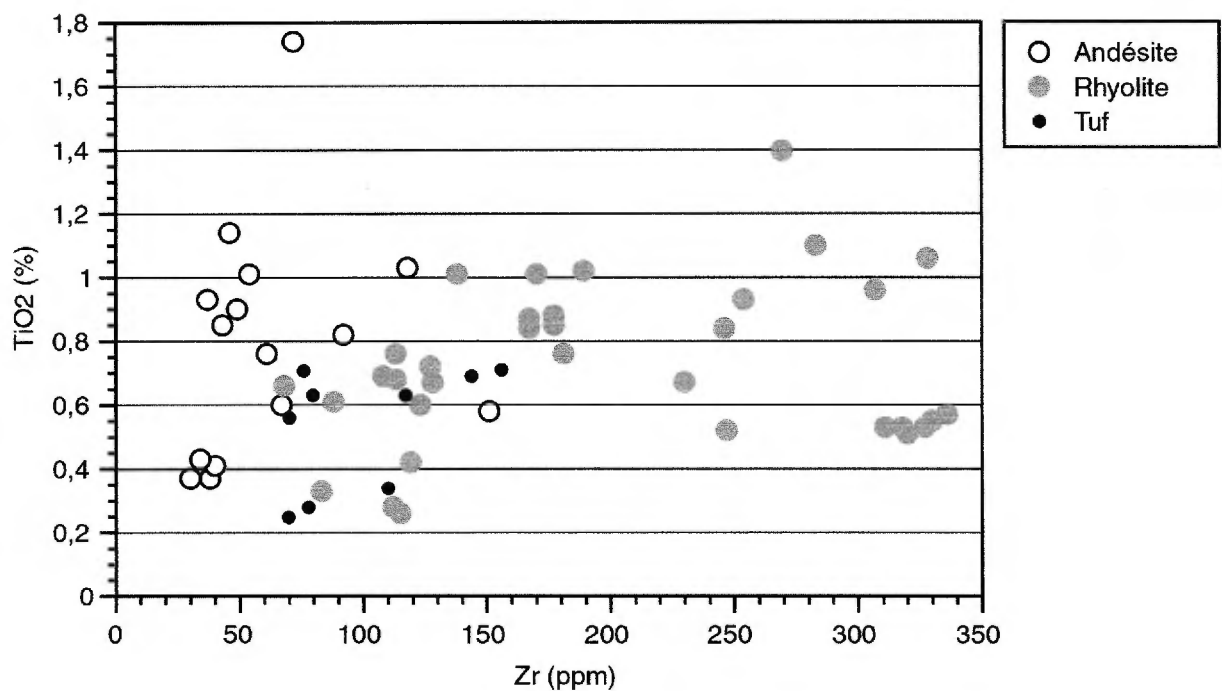


Figure 8: Diagramme binaire de TiO₂ contre Zr pour les roches volcaniques de East-sullivan.

ce cas tous les échantillons forment un seul groupe linéaire de ratio La/Zr de 9. Cet alignement indique que les ÉTR lourds caractérisent plus nettement les séries volcaniques que les ÉTR légers, en fonction de Zr (Barrett *et al.*, 1994). L'alignement indique aussi que les roches altérées n'ont pas subies de remobilisation importante des ÉTR.

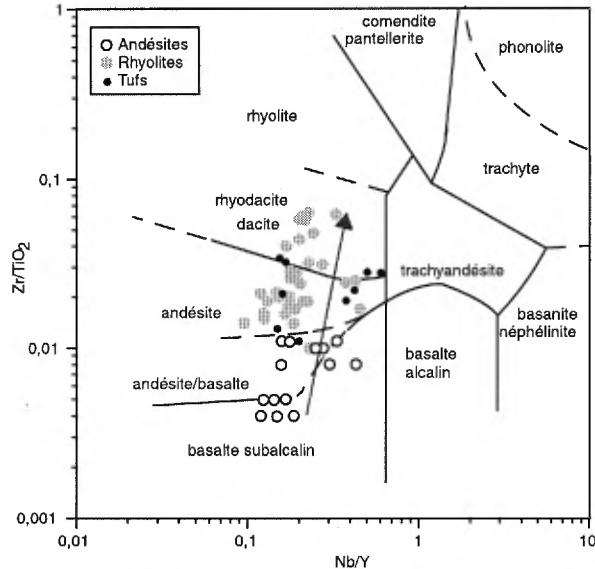


Figure 9: Diagramme binaire de discrimination Zr/TiO_2 contre Nb/Y . D'après Winchester et Floyd (1977).

Les profils d'ÉTR, normalisés à une moyenne de chondrites (Boynon, 1984), des roches volcanique mafiques et felsiques sont illustrés aux figures 11 et 12. Les profils des rhyolites présentent une pente régulière avec un ratio moyen de La/Yb de 5,23. Ces ratios correspondent à la tendance généralement calco-alcaline des laves dans la formation de Val d'Or (Desrochers *et al.*, 1996). Les profils parallèles, mais avec des différence de concentration, indiquent des niveaux différents de différenciation. Les andésites avec leur profils beaucoup plus bas de 10 chondrites et de ratio La/Yb plat de 1,76 sont nettement tholéitiques. Le profil légèrement au dessus des autres (97-SL-1055-C2) représente le faciès à petit coussins alors que ceux plus bas sont des coulées massives. Les anomalies positives en Europium contrastent aussi avec celles négatives des laves felsiques. Cette composition s'apparente beaucoup plus aux valeurs généralement observées dans la formation de Héva (Pilote *et al.*, 1997). Si ces laves coussinées représente la première occurrence stratigraphique de la formation de Héva, elles impliquent donc que la transition entre les formation de Val d'Or et de Héva se trouve à l'interface de la mine. Le dernier profil d'ÉTR (Fig. 13) présente des volcanoclastites felsiques et intermédiaires. Ces

profils sont à mi-chemin entre les deux types de laves massives. Le profil à haute pente négative (98-SL-1102-B) est celui des tufs encaissants la minéralisation, alors que les trois autres échantillons proviennent des volcanoclastites intermédiaires de la formation de Val-d'Or. Ces trois derniers sont de nature intermédiaire alors que les tufs felsiques montrent nettement leur origine calco-alcaline. Cette similarité entre les tufs et les rhyolites confirme le lien génétique existant entre les deux lithologies observé en affleurement (Fig. 6).

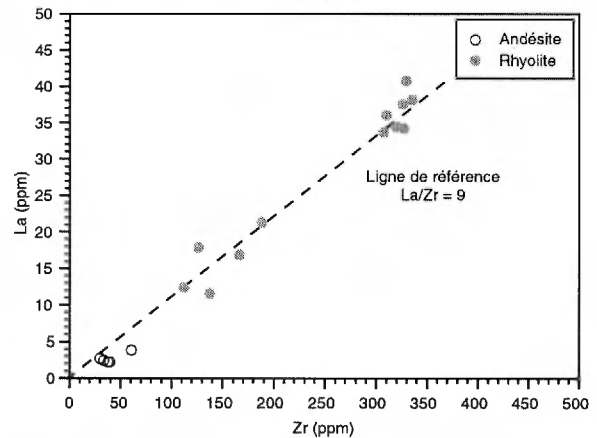
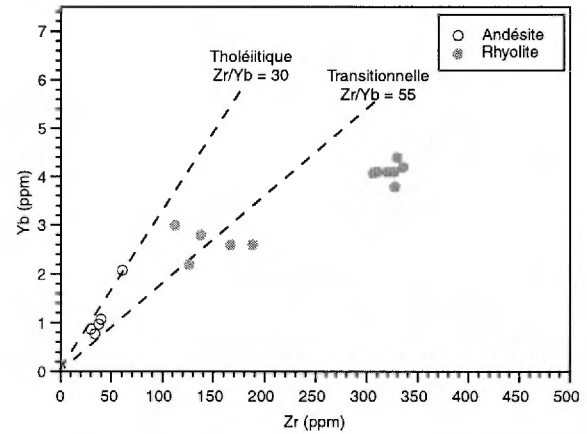


Figure 10: Diagrammes binaire, en A, de Yb c. Zr et en B de La c. Zr pour les roches volcaniques massives de East-Sullivan analysées pour les éléments des terres rares (ETR)

3.2 Altération

3.2.1 Généralité

Les observations de terrain ne rapportent qu'une altération hydrothermale apparemment peu développée aux environs de la mine. Les roches ont subies une chloritisation métamorphique normale et une silicification abondante. Il y a aussi une zone altérée en biotite d'une largeur de 500m dans la frange métamorphisée du Pluton East-Sullivan. Quelques veinules de chlorite noire dans les andésites sont visibles directement sous le gisement mais leur faible

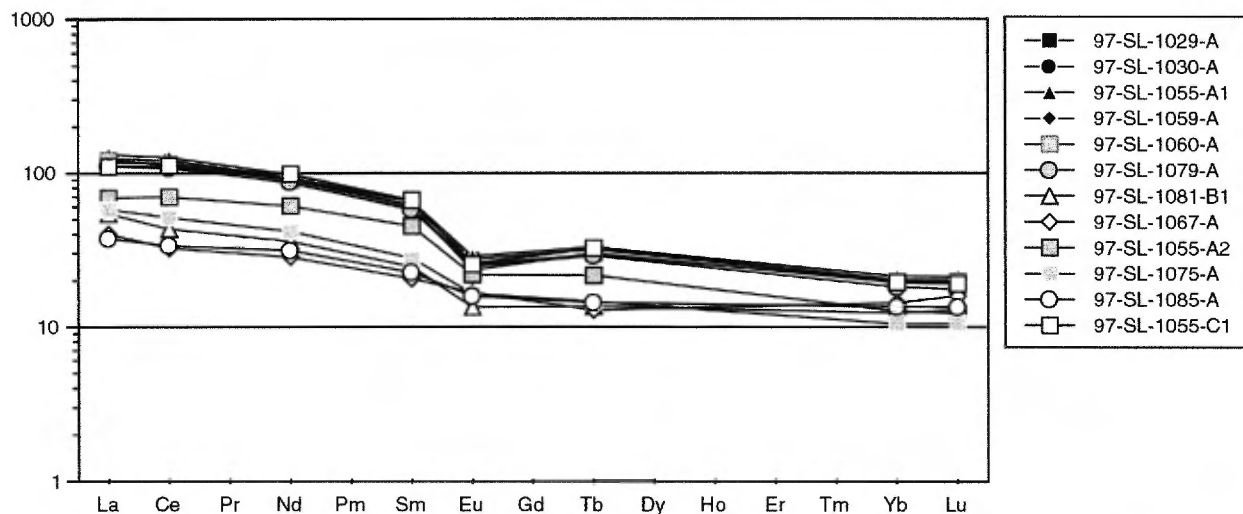


Figure 11: Diagramme des ETR pour les rhyolites de East-sullivan (Normalisé selon Boynton, 1984)

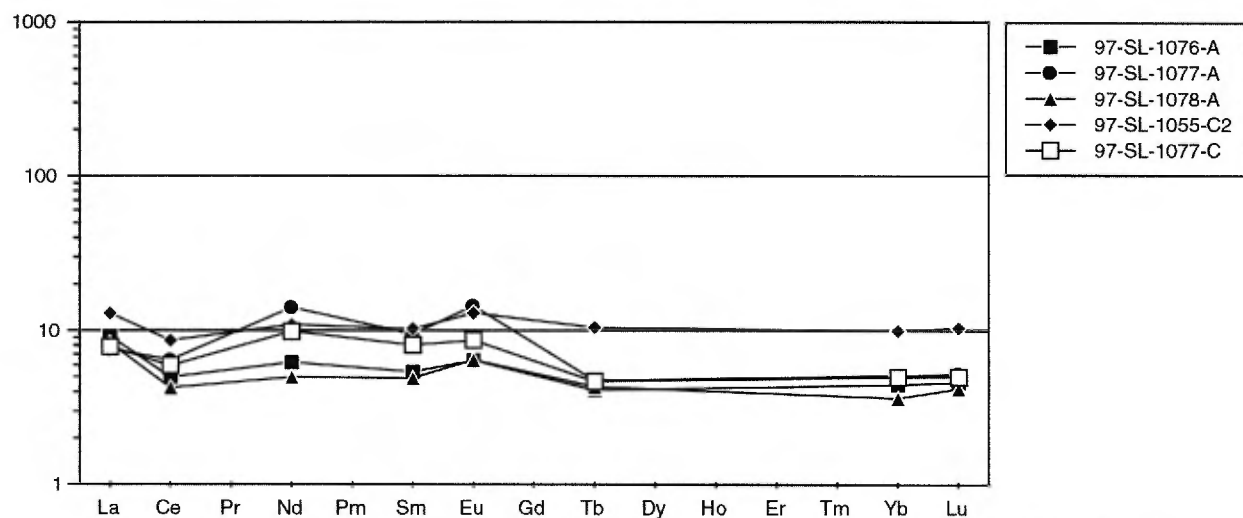


Figure 12: Diagramme des ETR pour les andésites de East-sullivan (Normalisé selon Boynton, 1984)

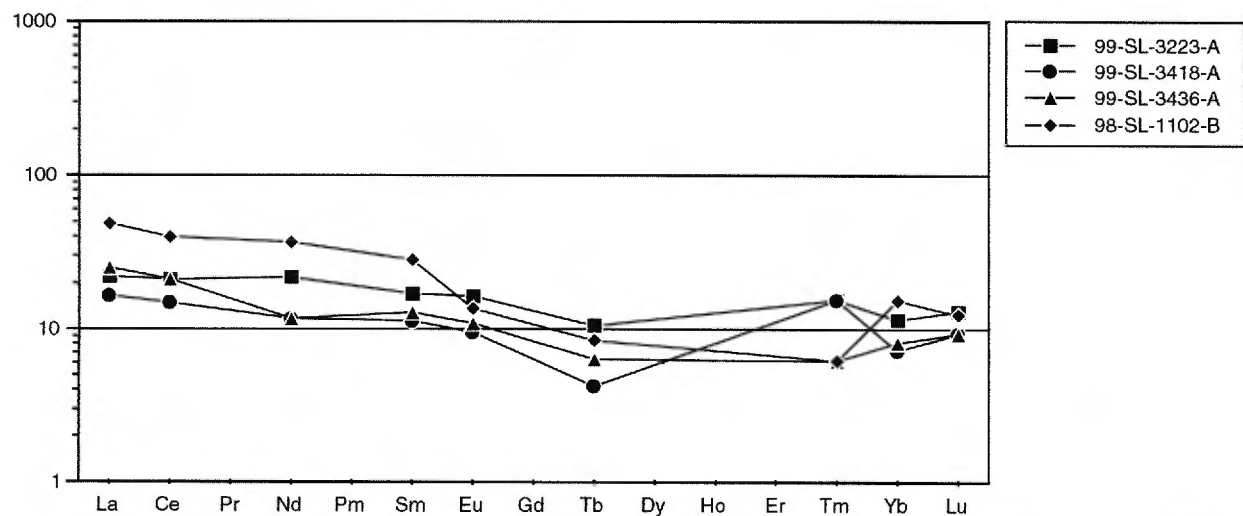


Figure 13: Diagramme des ETR pour les volcanoclastites de East-sullivan (Normalisé selon Boynton, 1984)

concentration ne permet pas de préciser avec exactitude la position d'une éventuelle cheminé d'altération. Le seul autre type d'altération visible est une légère carbonatation des volcanoclastites adjacentes latéralement au gisement. L'étude en lame mince à rapporté des quantités importante d'épidote dans les rhyolites. La gangue associée aux sulfures massifs montre aussi une silicification et une association d'épidote et de chlorite.

3.2.2 Minéraux d'altération normatifs

Des essais de calculs de minéraux normatifs du facies des schiste vert fait selon la norme de Piché (1998) indiquent une faible altération, tout comme les observations de terrain. La figure 14a montre la distribution normative de la chlorite hydrothermale. L'absence quasi totale d'altération dans les rhyolites massives est évidente. De plus, en utilisant l'albite normative aucune zone de lessivage n'est visible dans ces roches (Fig. 14b). Il n'est pas clair si les cheminés d'altération ont été érodées ou si elles n'ont simplement pas d'exposition. Le traitement effectué à aussi révélé l'importance de la dévolatilisation qu'a subit l'encaissant de la mine East-Sullivan. Un rayon de 700 m entourant le Pluton East-Sullivan affiche une perte au feu nulle ou très faible. Cette zone dévolatilisée par la mise en place du pluton correspond exactement à la zone d'épidotisation. Le calcium des carbonates présent initialement dans ces roches semble donc avoir été récupéré lors de la formation d'épidote. Cette épidote tardive ne serait donc pas reliée à la mise en place du gisement.

3.2.3 Composition minéralogique

Des analyses à la microsonde ont été effectuées sur les chlorites provenant de l'encaissant de la minéralisation. La majorité des chlorites sont de l'espèce ripidolite et quelques une de l'espèce pycnochlorite (Hey, 1954). Les ripidolites sont assez pauvre en magnésium leur rapport $Fe/(Fe+Mg)$ varient de 0,36 à 0,65. Les chlorites incluses dans les échantillons de sulfures massifs ont des ratios supérieurs à 0,5 et celles associées au sulfures disséminés sont sous ces valeurs. Les quelques représentants de pycnochlorite proviennent d'échantillons situés sous le gisement. Lorsque comparé à d'autre gisement de l'Abitibi (Macleon et Hoy, 1991; Roberts et Reardon, 1978; Doucet *et al.*, 1998), ces valeurs s'apparentent bien aux gisements de type Noranda (Franklin, 1993).

4. MÉTALLOGÉNIE DU GISEMENT DE EAST-SULLIVAN

4.1 Distribution spatiale

La minéralisation de East-Sullivan est associé à des volcanoclastites felsiques. La minéralisation consiste en seize lentilles de sulfures massifs à semi-massifs

cuprifères et de huit lentilles ayant une plus forte concentration en zinc (Tab. 2). Les lentilles présentes jusqu'à une profondeur de 750m ont un axe long vertical et des épaisseurs maximum de 75m. La majorité des lentilles cuprifères sont généralement sub-concordantes aux unités felsiques. Les lentilles les plus importantes, soit les lentilles A, B et C (Fig. 15), sont encaissées complètement à l'intérieur d'une unité de tuf (Fig. 4) (Tremblay, 1994). La lentille A a une plongé vers l'ouest alors que les lentilles B et C plongent vers l'est en profondeur. Les lentilles zincifères ont une distribution restreinte à la base stratigraphique du gisement et semblent recouper les unités felsiques et intermédiaires (Fig. 4). La minéralisation est recoupée à l'est par le Pluton East-Sullivan, au sud-est par la diorite de Bourlamaque et au sud-ouest par le porphyre feldspathique de East-Sullivan. Des parties semi-digérées de sulfures massifs ont été retrouvées à l'intérieur du pluton dans la partie adjacente au gisement (Assad, 1958). Une zone de cisaillement orientée est-ouest est présente au niveau de l'éponte inférieure du gisement dans une unité lithologique décrite comme une coulée fragmentaire (Assad, 1958; Tremblay, 1994). Les lithologies encaissant la minéralisation sont recoupées par plusieurs failles mineures et l'intensité de la déformation demeure faible. De bonnes descriptions du minerai ont été faites par Assad (1958) et sont corroborées par des observation sur les fragments de sulfures massifs récupérés dans le parc à résidus. La minéralisation se subdivise principalement en deux types d'assemblage de sulfures; 1) pyrrhotite-chalcopryrite (pyrite) et 2) pyrite-sphalérite.

4.2 Minerai de sulfures massifs

4.2.1 Assemblage pyrrhotite-chalcopryrite (pyrite)

Cet assemblage de sulfures est le plus important à la mine East-Sullivan (Fig. 4 et 15) et représente la minéralisation des lentilles principales (Lentilles A, B et C). Le minerai se compose principalement d'un assemblage de chalcopryrite et de pyrrhotite avec des traces de pyrite, de sphalérite et de magnétite. Il existe aussi des rares occurrences d'or visible. Les échantillons récupérés ne semble pas couvrir cette minéralisation riche. Cependant les basses teneurs de cuivre indiquées par les rapports de la mine (Tab. 1) laissent supposer que la pyrite se devait d'être beaucoup plus abondante que ce que décrit Assad (1958). Les échantillons à chalcopryrite-pyrrhotite-pyrite qui ont été récupérés, montrent des valeurs de 50 à 70% de pyrite, 7 à 25% de chalcopryrite et toujours moins de 10% de pyrrhotite. L'aspect le plus commun pour le minerai riche est un assemblage de pyrite idiomorphe dans une matrice de chalcopryrite (Photo 13). Cet assemblage est typique du minerai jaune du type Kuroko (Craig et Vaughan, 1981). Une

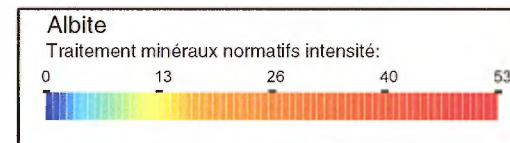
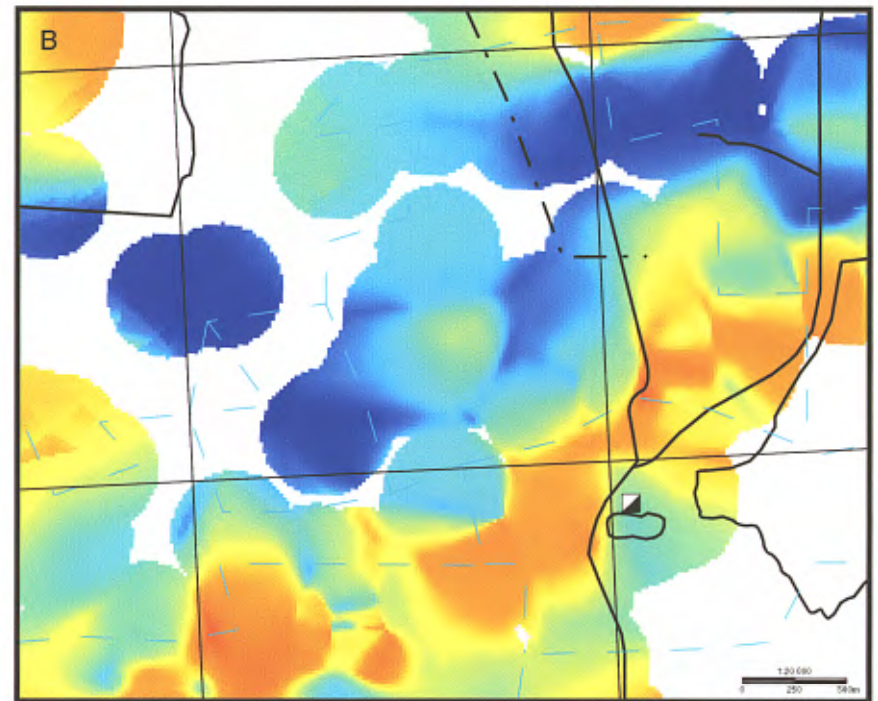
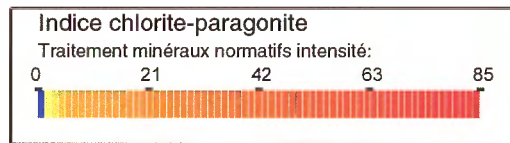
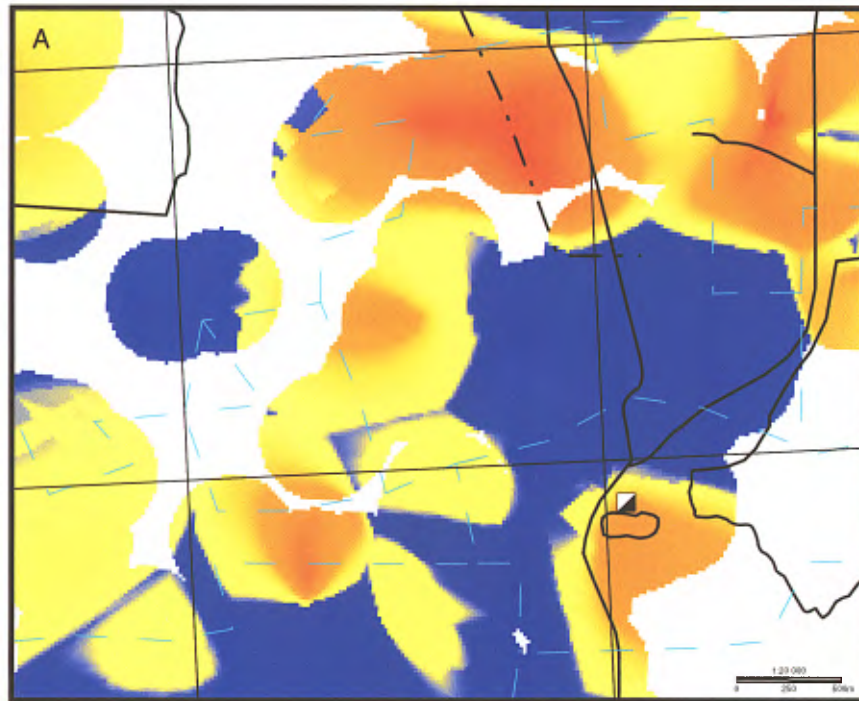


Figure 14: Indice d'éléments majeurs à partir d'un traitement de minéraux normatifs (Piché, 1998). En A indice d'altération de chlorite-paragonite de l'environnement de la mine. Noter l'absence apparente d'altération dans les unités massives de rhyolite. En B indice d'albite de l'environnement de la mine. Aucune zone lessivé n'est visible sous le gisement, cela laisse supposer la présence en profondeur de la zone de recharge du gisement.

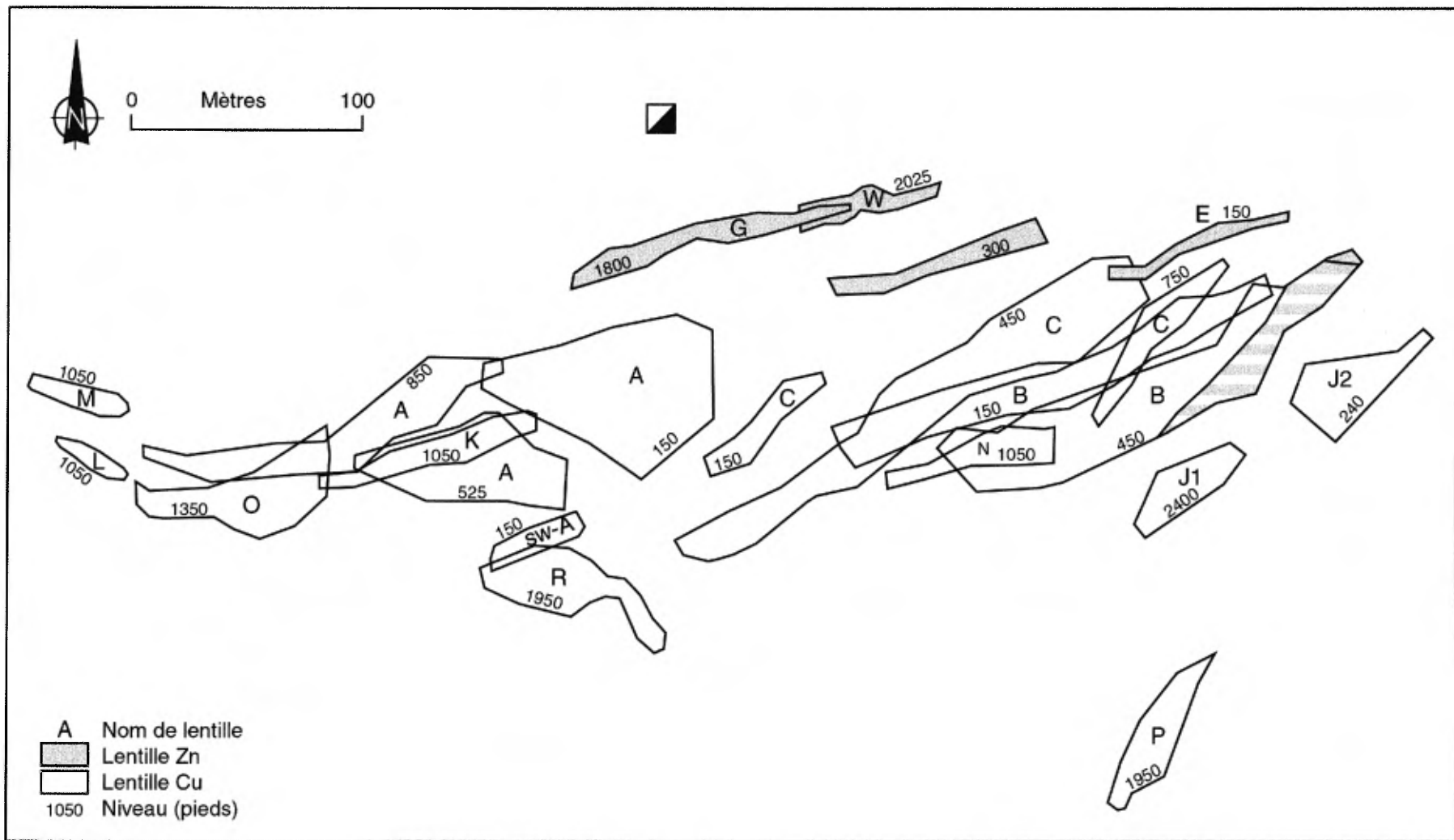


Figure 15: Plan composite du niveau et de composition des lentilles minéralisées. Modifié de Tremblay (1994).

minéralisation en chalcopryrite et en pyrite disséminées est aussi présente dans l'éponte latérale au lentilles.

Par endroit, la recristallisation prononcée des sulfures, avec la pyrite cubique et hexagonale sont très importantes. De nombreux grains de pyrite présentent des joints polygonaux avec des angles interfaciaux de 120°. Certains échantillons, par contre, offrent une grande préservation de leurs textures originelles précoces de nature colloïdale. Il

est possible d'identifier des nodules de pyrite et de chalcopryrite colloformes concentriques (Photo 14) et des textures de pyrite sphéroïdales radiées (Photo 15). Les textures concentriques montrent nettement une zonation et différentes périodes de minéralisation successives. Des porphyroblastes de pyrite présentant une texture étoilée sont aussi présents. Cette texture représente une relation d'intercroissance entre la pyrite et la gangue (Ramdohr, 1980; Craig et Vaughan, 1981), ce qui indique probablement une cristallisation synchrone entre les deux.

Tableau 2: Composition moyenne des différentes lentilles de la mine East-Sullivan

Lentille	Tonnes minées	Cu % %	Zn % %	Au once/t	Ag once/t
A	3 192 023	1,300	1,394	0,0168	0,323
B	3 261 933	1,708	1,397	0,0200	0,557
C	3 818 666	1,054	0,084	0,0041	0,163
D	167736	1,560	2,640	0,0240	0,840
E	26 654	0,390	4,140	0,0210	0,590
F	10 332	0,450	6,070	0,0230	1,000
G	130 690	0,455	3,980	0,0220	1,457
H	165 553	0,554	4,844	0,0243	1,086
J1	538 546	0,562	0,042	0,0220	0,163
J2	1 108 338	0,583	0,043	0,0031	0,155
J3	27 551	0,590		0,0110	0,159
K	563 960	0,769	0,007	0,0029	0,184
L & M	115 512	0,705	0,262	0,0041	0,158
N	123 644	0,770	0,020	0,0040	0,200
P	281 223	0,520	1,050	0,0070	0,290
Q	1 304 921	0,523	0,036	0,0015	0,119
R	719 442	0,730	0,064	0,0220	0,190
S	109 509	0,741	0,038	0,0460	0,158
T	52 596	0,810	0,020	0,0040	0,180
U	35 546	0,603	0,097	0,0042	0,502
V	39 325	0,841		0,0020	0,108
X	61 913	0,658	0,018	0,0003	0,098
Y	36 440	0,738	0,089	0,0031	0,328
Total	15 892 053				

4.2.2 Assemblage pyrite-sphalérite

D'importance moindre et restreint à la partie nord du gisement (Fig. 15), cet assemblage est dominant dans les lentilles E, G et W et une partie de la lentille B. Le minerai observé contient environ 50% de sphalérite, 40% de pyrite et des traces de chalcopryrite, pyrrhotite, galène et magnétite (Photo 16). Les sulfures sont généralement massifs et montrent un rubannement de pyrite et de sphalérite en alternance. La gangue est fortement chloritisée et elle est plus abondante que dans l'assemblage pyrrhotite-chalcopryrite.

5. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Le contexte géologique de la mine East-Sullivan est représentatif d'un gisement de sulfures massifs volcanogènes. Les textures colloïdales caractérisent la

période initiale (Koski *et al.*, 1984) d'une mise en place en régime exhalatif à basse température (Münch *et al.*, 1999). Il n'y a pas d'indication de remplacement hydrothermal tardif ou de tout autre type de gîte magmatique. La minéralisation est comprise dans un horizon perméable, les tufs, et contenue entre deux unités massives, les rhyolites et les andésites. La phase initiale de minéralisation est l'assemblage pyrrhotite-chalcopryrite. Il y a des évidences montrant que la construction de l'édifice felsique est synchrone avec la minéralisation de sulfures (Photo 12). La seconde phase de minéralisation est représentée par l'assemblage pyrite-sphalérite, qui recoupe les lentilles de pyrrhotite-chalcopryrite et les unités stratigraphiques felsiques. Le modèle classique de minéralisation en sulfures massifs volcanogènes propose que la minéralisation

riche en cuivre apparaît à la dernière étape d'édification du monticule (Franklin, 1993), la présence de chalcopyrite indique un système hydrothermal mature et à haute température (Lydon, 1984). Cependant dans le cas de du gîte de East-Sullivan il semble y avoir deux époques de minéralisation. Tel que démontré par la disparité et les recoupements entre les lentilles de sulfures massifs, un deuxième système de moindre température à lentilles de zinc a été activé à la suite de l'arrêt du système mature initial.

Le modèle proposé de mise en place du gisement de East-Sullivan est présenté à la figure 16. La première étape est la construction du centre felsique constitué de lobes rhyolitiques massifs et de matériel volcanoclastique. La grande étanchéité des rhyolites massives permet que la décharge hydrothermale soit concentré en quelques points. La porosité des tufs facilite un mélange efficace entre l'eau de mer et les fluides hydrothermaux. Cette première étape est représentée par la pyrite colloforme qui se dépose à faible température dans les cavités disponibles. Par la suite, la maturation thermique du système amène la déposition de grande quantités de sulfures cuprifères. À l'apogée du système hydrothermal, le volcanisme calco-alkalin felsique fait place à un volcanisme tholéitique mafique. Les laves andésitiques de la Formation de Héva viennent recouvrir le gisement et colmatent alors le système. L'avènement de l'épisode volcanique tholéitique est probablement responsable de l'extinction du premier système hydrothermal et de l'activation du second. Le second système plus froid et moins actif dépose uniquement l'assemblage pyrite-sphalérite dans les petites lentilles discordante E,G et W.

Suite à la verticalisation de la stratigraphie, la partie la plus riche du gisement est exposée et partiellement érodé. Une partie du gisement est aussi recoupée par le Pluton de East-Sullivan et ses dykes associés. Selon les informations disponibles, il n'est pas clair si une partie du gisement est toujours enfouie en grande profondeur. L'horizon porteur n'a cependant pas beaucoup de chance d'être présent à l'ouest car ce niveau stratigraphique est recoupé à moins d'un kilomètre par la zone tectonique de Cadillac. Ce niveau est aussi tronqué à l'est par le Pluton de East-Sullivan.

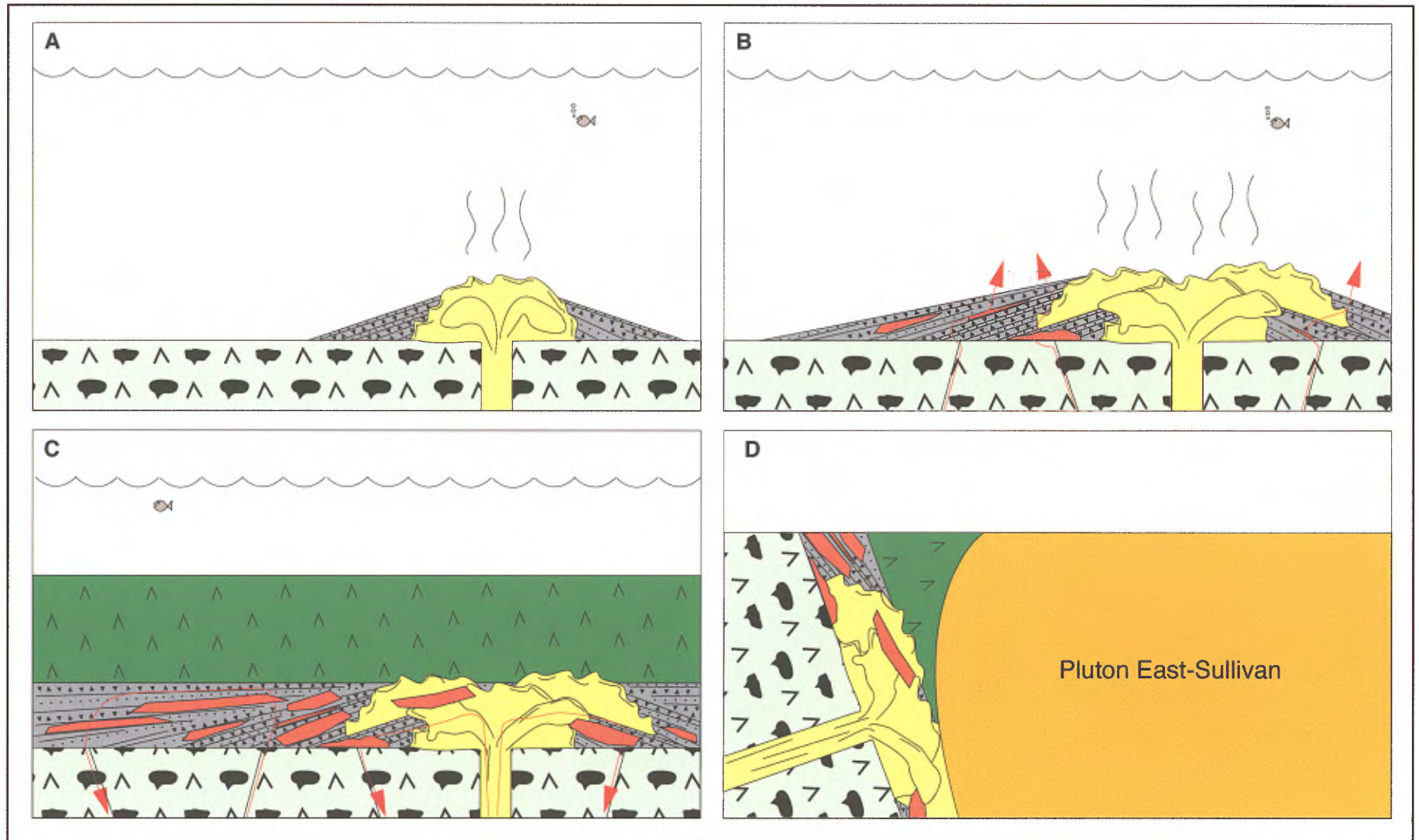


Figure 16: Modèle de mise en place du gisement East-Sullivan. A) Un petit centre felsique s'érige sur la brèche de coussins andésitiques. B) Une minéralisation disséminée est associée à l'épisode volcanique felsique. Cette minéralisation précoce est soulignée par la présence de lapillis sulfurés dans les tufs (Photo 6). C) La mise en place d'épaisses couches de laves andésitiques massives vient sceller le haut du système hydrothermal. Cette étape permet le dépôt par remplacement de la majorité de la minéralisation dans les tufs et les rhyolites massives. Ensuite un nouveau système hydrothermal de plus basse température s'installe et dépose en discordance la minéralisation de zinc D) La région est basculée et une grande portion du dépôt est érodée. Il faut noter qu'une partie du gisement est peut-être enfouie à grande profondeur et une autre fraction détruite à l'est par l'intrusion du pluton de East-Sullivan.

6. RÉFÉRENCES

- BARRETT, T.J. - MACLEAN, W.H. - CATTALANI, S. - HOY, L.D., 1994 - Géologie et géochimie du gisement de Corbet, région de Rouyn-Noranda, Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec, ET 92-07, 64 pages.
- BÉDARD, L.P. - BARNES, S.-J., 1990 - Instrumental neutron activation analysis by collecting only one spectrum: results for international geochemical reference samples. Geostandards newsletter; volume 14, pages 479-484.
- BOYNTON, W.V., 1984 - Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson P. (ed), Rare earth element geochemistry. Elsevier; pages 63-114.
- DOUCET, P. - MUELLER, W. - CHARTRAND, F., 1998 - Alteration and ore mineral characteristics of the Archean Coniagas massive sulfide deposit, Abitibi belt, Quebec. Journal Canadien des Sciences de la Terre; volume 35, pages 620-636.
- FRANKLIN, J.M. - KASARDA, J. - POULSEN, K.H., 1975 - Petrology and Chemistry of the Alteration Zone of the Mattabi Massive Sulphide Deposit. Economic Geology; volume 70, pages 63-79.
- GALLEY, A.G., 1993 - Characteristics of semi-conformable alteration zones associated with volcanogenic massive sulphide districts. Journal of Geochemical Exploration; volume 48, pages 175-200.
- GILL, J. - TORSSANDER, P. - LAPIERRE, H. - TAYLOR, R. - KAIHO, R. - KOYAMA, K. - KUSAKABE, M. - AITCHISON, J. - CISOWSKI, S. - DADLEY, K. - FUJIORA, K. - KLAUS, A. - LOVELL, M. - MARSAGLIA, K. - PEZARD, P. - TAYLOR, B. - TAZAKI, K., 1990 - Explosive deep water basalt in the Sumisu backarc rift. Science; volume 248, pages 1214-1217.
- GROVES, D.A. - MORTON, R.L. - FRANKLIN, J.M., 1988 - Physical volcanology of the footwall rocks near the Mattabi massive sulphide deposit, Sturgeon Lake, Ontario. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 25, pages 280-291.
- HEY, M.H., 1954 - A new review of the chlorites. The mineralogical magazine; volume 30, pages 277-292.
- KOSKI, R.A. - CLAGUE, D.A. - OUDIN, E., 1984 - Mineralogy and chemistry of massive sulfide deposits from Juan de Fuca Ridge. Geological Society of America Bulletin; volume 95, pages 930-945.
- LAFRANCE, B. - MUELLER, W.U. - DAIGNEAULT, R. - DUPRAS, N., 2000 - Evolution of a submerged composite arc volcano: volcanology and geochemistry of the Normétal volcanic complex, Abitibi greenstone belt, Québec, Canada. Precambrian Research; volume 101, pages 277-311.
- LAROCQUE, A.C.L. - HODGSON, J.C., 1993 - Carbonate-rich Footwall Alteration at the Moberly Mine, a Possible Mattabi-type VMS Deposit in the Noranda Camp. Exploration and Mining Geology; volume 2, pages 165-169.
- LAVOIE, S. - PILOTE, P. - MUELLER, W.U., 1999 - Géologie de la mine East-Sullivan, Formation de Val-d'Or, sous-province de l'Abitibi, Québec: mise en place de la minéralisation de type sulfures massifs volcanogènes. Séminaire d'Information sur la Recherche Géologique, Programme et résumés 1999, DV 99-03; page 54.
- MACLEAN, W.H. - HOY, L.D., 1991 - Geochemistry of hydrothermally altered rocks at the Horne mine, Noranda, Quebec. Economic Geology; volume 86, pages 506-528.
- MORTON, R.L. - FRANKLIN, J.M., 1987 - Two-fold classification of Archean volcanic-associated massive sulphide deposits. Economic Geology; volume 82, pages 1057-1063.
- MORTON, R.L. - WALKER, J.S. - HUDAK, G.J. - FRANKLIN, J.M., 1991 - The Early Development of an Archean Submarine Caldera Complex with Emphasis on the Mattabi Ash-Flow Tuff and Its Relationship to the Mattabi Massive Sulphide Deposit. Economic Geology; volume 86, pages 1002-1011.
- MÜNCH, U. - BLUM, N. - HALBACH, P., 1999 - Mineralogical and geochemical features of sulphide chimneys from the MESO zone, Central Indian Ridge. Chemical Geology; volume 155, pages 29-44.

- PICHÉ, M., 1998 - Nouveaux outils pour mesurer l'altération des roches volcaniques à partir des éléments majeurs. Ministère des Ressources naturelles, Québec, DV 98-05; page 22.
- PILOTE, P. - MUELLER, W.U. - SCOTT, C.R. - LAVOIE, S., 1999 - Géologie des formations Val-d'Or, Héva et Jacola - Nouvelle interprétation du bloc de Malartic. Séminaire d'Information sur la Recherche Géologique, Programme et résumés 1999, DV 99-03; page 19.
- ROBERTS, R.G. - REARDON, E.J., 1978 - Alteration and ore-forming processes at Mattagami Lake Mine, Quebec. Journal canadien des sciences de la terre; volume 15, pages 1-21.
- SIMARD, G., 1991 - Rapport sur les travaux d'exploration effectués en 1990 sur la propriété Orcana, Canton Bourlamaque, Région de Val d'Or, N.T.S. 32C/4. Exploration Noranda Limitée, 20 pages + annexes.
- TANER, M.F., 1996 - The East Sullivan stock and its gold-copper potential, Val d'Or, Quebec, Canada. Exploration and Mining Geology; volume 5, pages 45-60.
- WINCHESTER, J.A. - FLOYD, P.A., 1977 - Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical geology; volume 20, pages 325-343.

ANNEXES

ANNEXE 1:	Photographie 1 à 16	page 22
ANNEXE 2:	Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques	page 26
ANNEXE 3:	Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches plutoniques	page 38
ANNEXE 4:	Résultats des analyses du CRM des ETR des roches volcaniques	page 40
ANNEXE 5:	Résultats des analyses de l'UQAC des ETR des roches volcaniques	page 43

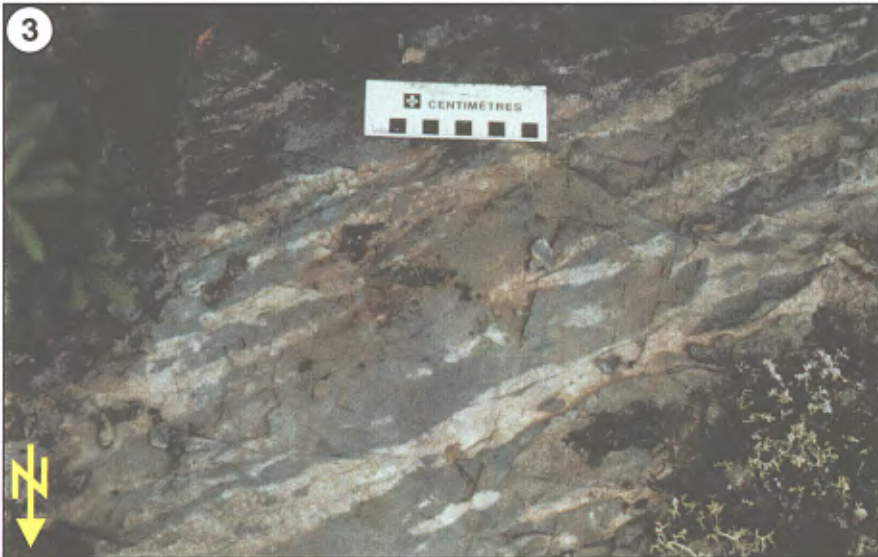


Photo 1: Volcanoclastites andésitique à hornblende de la Formation de Val d'Or, les fragments sont allongés selon la schistosité (Échelle 5cm). Photo 2: Lobe rhyolitique diaclasé recoupé par des dykes massifs peu fracturés (Échelle 10 cm). Photo 3: Altération "zébré" de biotite dans une partie de dyke felsique massif, noter l'alignement selon la schistosité (Échelle 10 cm). Photo 4: Tuf à lapillis vésiculaires présent à l'intérieur de l'édifice felsique, des veines de chlorite et l'altération "zébré" recoupe l'alignement des fragments (Échelle 5 cm).

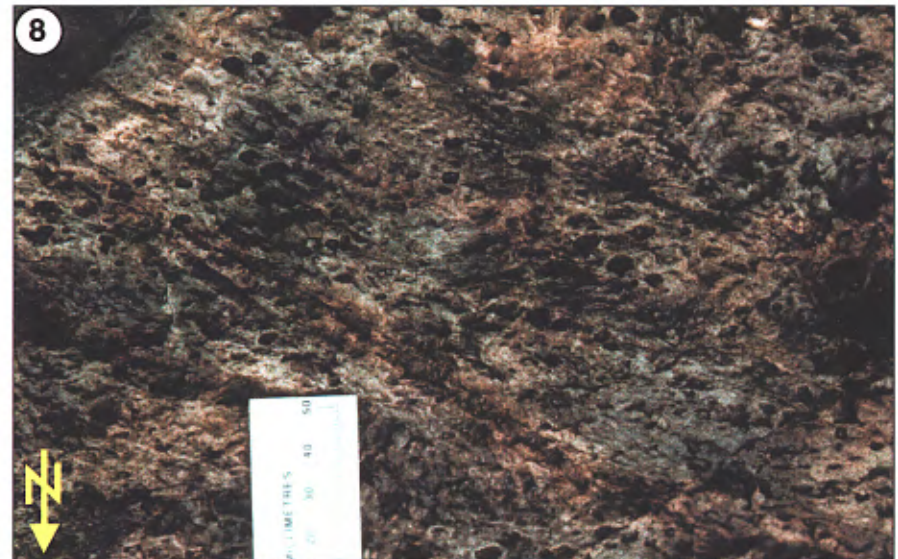
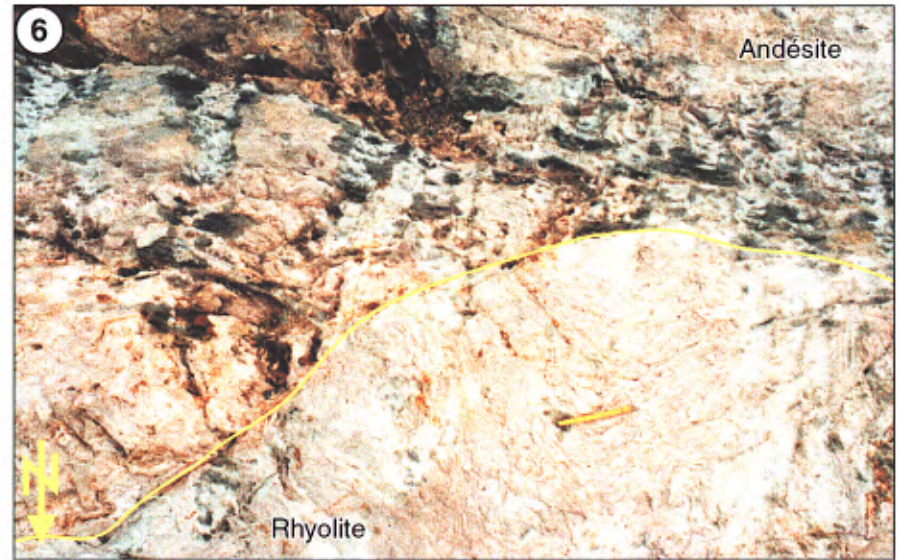


Photo 5: Structures d'écoulement laminaire dans les rhyolites massives à l'est du gisement (Échelle 10 cm). Photo 6: Lobe rhyolitique en contact direct avec les andésites coussinées, noter l'impressionnante quantité de structures d'écoulement laminaire (Crayon 15 cm). Photo 7: Andésites à petits coussins réguliers étirées selon la schistosité (Échelle 10 cm). Photo 8: Brèche de coussins andésitique, le fragment montre une vésicularité importante de près de 15% d'amygdules de quartz (Échelle 5 cm).

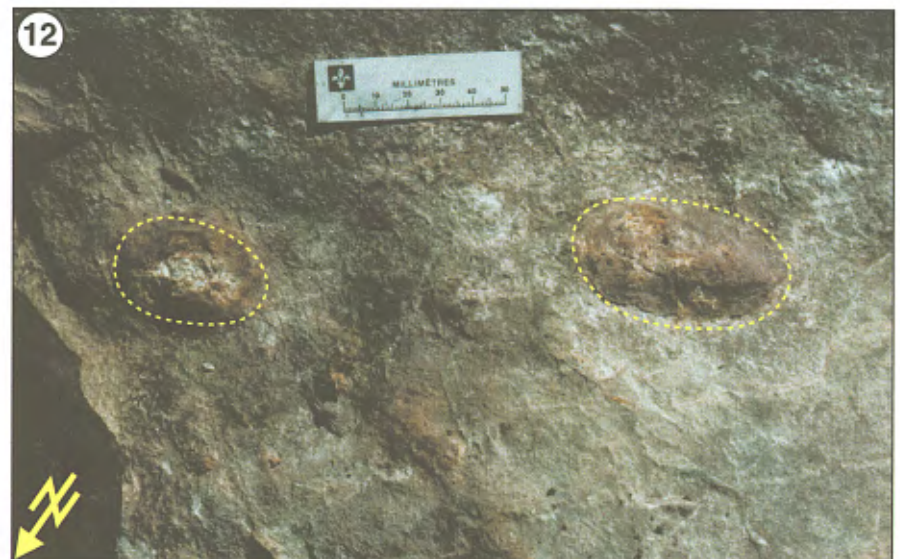
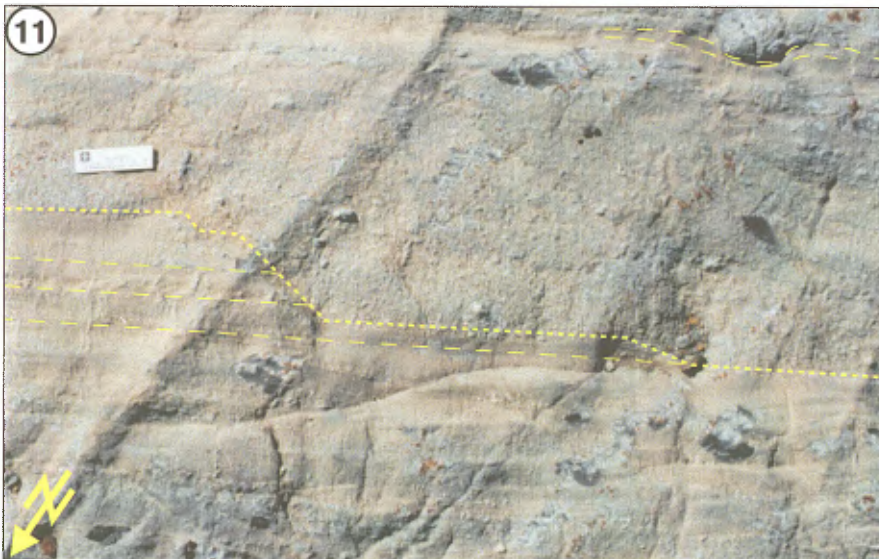
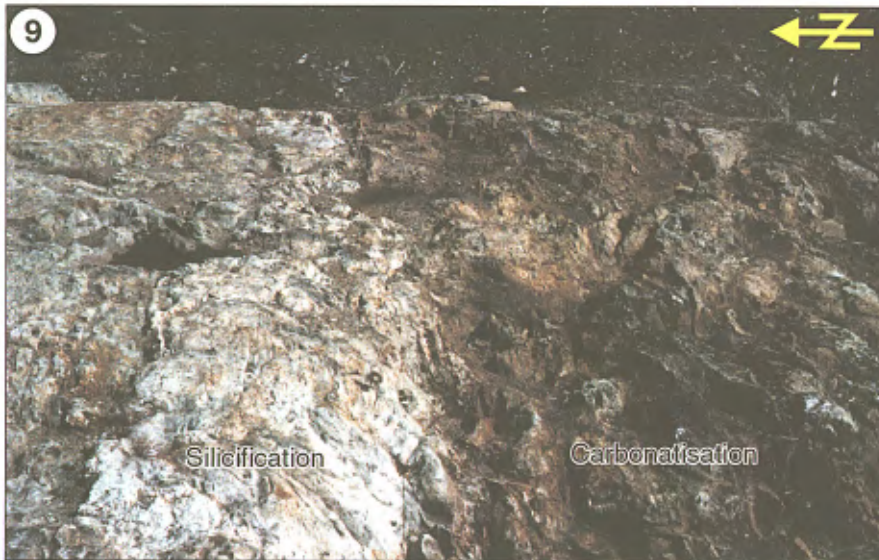


Photo 9: Brèche andésitique à fragments vésiculaires, l'altération de carbonates et de sulfures disséminés tranche avec la zone peu altérée . Photo 10: Tufs lités en contact discordant sur la brèche rhyolitique (Échelle 10 cm). Photo 11: Tufs fins et grossiers bien lités avec une polarité vers le sud. Noter les structures érosives et le fragment retombé recourbant le litage (Échelle 5 cm). Photo 12: Lapilli de sulfures semi-massifs (Échelle 5 cm).

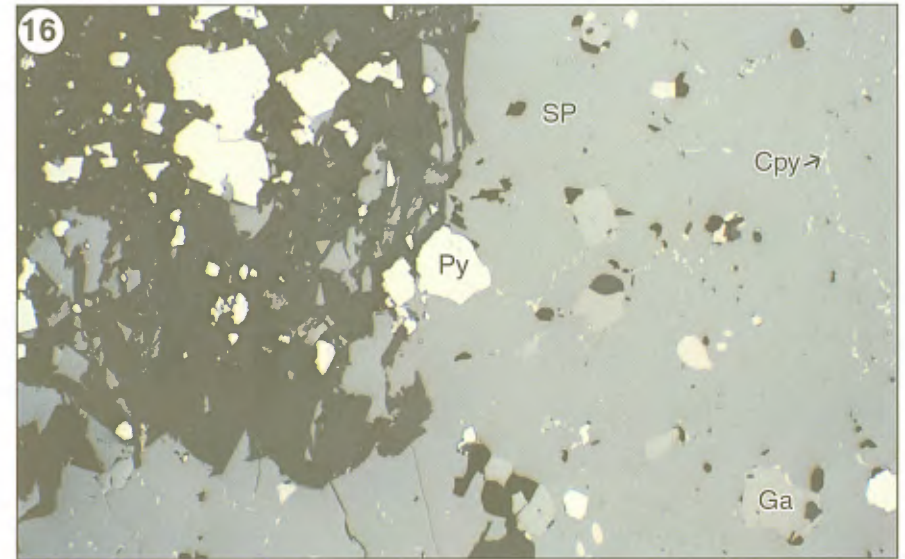
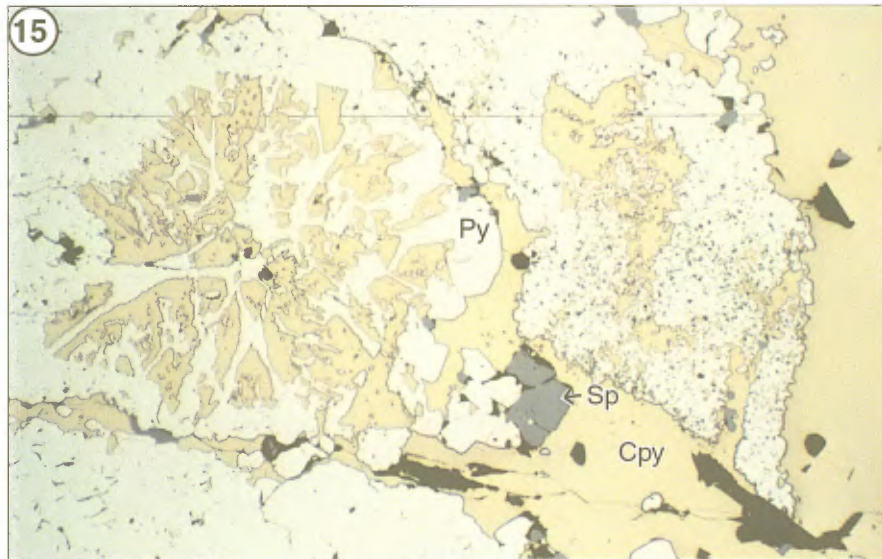
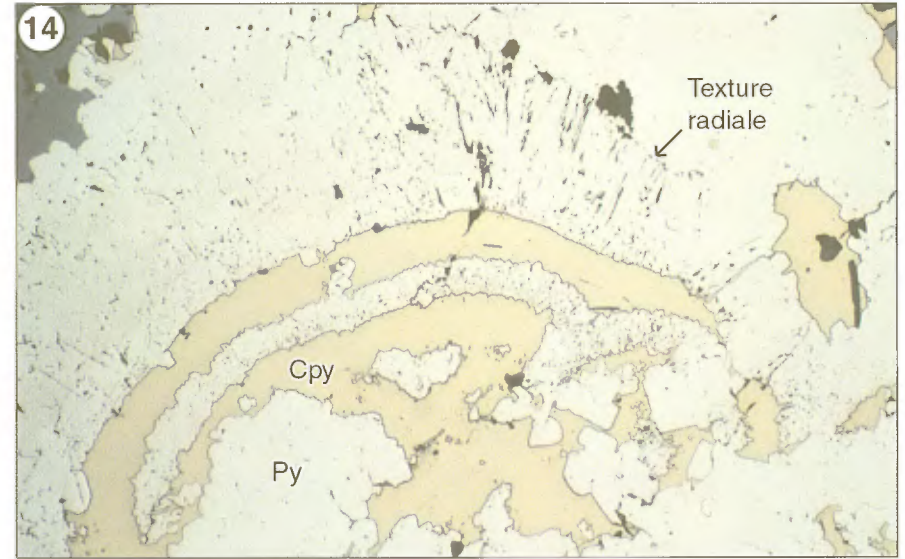
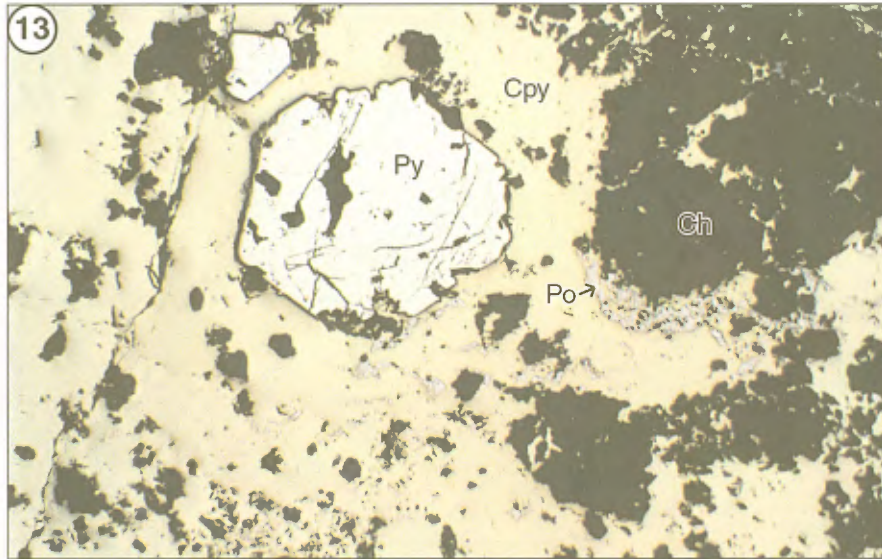


Photo 13: Assemblage pyrrhotite chalcopyrite (pyrite), les parties noires sont composées de chlorite (Largeur du champs 5 mm). Photo 14: Nodule colloforme de pyrite et de chalcopyrite concentrique, noter les textures radiales dans la pyrite (Largeur du champs 1 mm). Photo 15: Pyrite sphéroïdale radiée avec des cristaux de pyrite recristallisés aux extrémités (Largeur du champs 2 mm). Photo 16: Assemblage pyrite-sphalérite, présence d'exolutions de chalcopyrite et des grains de galène dans la sphalérite (Largeur du champs 2 mm).

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan

No Terrain	97SL-1020-A	97SL-1020-B	97SL-1023-A	97SL-1029-A	97SL-1030-A	97SL-1036-A
MRNQ No	1997-14221	1997-14222	1997-14237	1997-14201	1997-14202	1997-14223
Lithologie	V1B MA	V1B	I2J	V1B MA	V1B MA	V1B MA
UTM83 Nord	5328230	5328210	5328190	5327610	5327625	5327985
UTM83 Est	298375	298405	298265	297900	297905	298300
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

	%					
SiO ₂	63,40	62,50	56,10	69,40	65,60	63,30
TiO ₂	1,10	1,40	0,97	0,53	0,57	0,85
Al ₂ O ₃	15,50	15,10	16,80	15,10	16,20	15,80
FeO	4,59	4,23	5,94	1,98	2,58	3,53
Fe ₂ O ₃	1,44	1,94	1,49	1,43	1,61	1,79
MnO	0,11	0,09	0,15	0,07	0,08	0,09
MgO	2,15	2,24	3,88	0,59	1,21	1,50
CaO	4,02	6,31	5,93	4,18	4,97	5,85
Na ₂ O	3,18	2,14	6,52	2,64	1,09	2,76
K ₂ O	1,34	1,77	0,37	2,41	3,69	2,43
P ₂ O ₅	0,30	0,28	0,19	0,31	0,34	0,28
PAF	2,00	0,99	0,99	1,09	1,82	1,77
Total	99,13	98,99	99,33	99,73	99,76	99,95
S	0,04	0,03	0,07	0,01	0,01	0,04
CO ₂	0,23	0,05	0,27	0,05	0,20	0,37
Fe ₂ O _{3t}	6,54	6,64	8,09	3,63	4,48	5,71

	ppm					
Cr	20	20	98	20	20	20
Cu	88	100	67	2	3	58
Ga	20	18	18	14	18	17
Nb	8	7	5	9	9	4
Rb	38	57	9	69	82	80
Sr	329	495	164	46	71	242
Y	45	41	23	41	44	27
Zn	67	66	74	34	52	89
Zr	283	270	97	311	336	177
Zr/Y	6,3	6,6	4,2	7,6	7,6	6,6

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1054-A	97SL-1055-A1	97SL-1055-A2	97SL-1055-C1	97SL-1055-C2	97SL-1059-A
MRNQ No	1997-14227	1997-14203	1997-14240	1997-14228	1997-14241	1997-14204
Lithologie	V2J	V1B MA	V1B MA	V1B	V2J	V1B MA
UTM83 Nord	5328255	5327480	5327475	5327475	5327475	5327573
UTM83 Est	296775	297790	297790	297790	297790	297970
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04
%						
SiO ₂	54,50	68,20	71,60	62,40	46,20	69,20
TiO ₂	1,03	0,55	1,02	0,96	0,76	0,51
Al ₂ O ₃	17,00	15,80	12,30	16,10	18,00	15,60
FeO	6,28	1,83	2,65	3,69	5,92	1,92
Fe ₂ O ₃	1,78	0,69	0,72	1,59	2,24	0,37
MnO	0,16	0,04	0,05	0,06	0,19	0,04
MgO	5,12	1,18	1,19	2,08	4,25	0,45
CaO	7,61	5,91	2,40	4,37	10,60	1,80
Na ₂ O	2,47	1,91	5,03	4,52	4,24	4,49
K ₂ O	0,56	1,20	1,43	2,39	0,13	3,17
P ₂ O ₅	0,19	0,33	0,53	0,58	0,06	0,32
PAF	2,66	1,67	0,88	0,83	6,97	1,44
Total	99,36	99,31	99,80	99,57	99,56	99,31
S	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01
CO ₂	0,04	0,18	0,34	0,04	4,18	0,59
Fe ₂ O _{3t}	8,76	2,72	3,67	5,69	8,82	2,50
ppm						
Cr	93	20	20	45	121	20
Cu	33	3	324	34	16	2
Ga	21	16	10	17	18	15
Nb	4	10	6	10	3	10
Rb	12	44	48	89	4	66
Sr	268	116	140	174	176	33
Y	25	45	27	44	19	44
Zn	98	30	31	49	87	49
Zr	118	330	189	307	61	320
Zr/Y	4,7	7,3	7,0	7,0	3,2	7,3

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1060-A	97SL-1061-A1	97SL-1066-A	97SL-1067-A	97SL-1071-A	97SL-1073-A
MRNQ No	1997-14205	1997-14230	1997-14233	1997-14234	1997-14236	1997-14242
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA
UTM83 Nord	5327575	5327460	5327670	5327705	5327570	5327640
UTM83 Est	297905	297915	298320	298315	298425	298290
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

%

SiO ₂	70,00	64,50	71,60	67,60	67,30	73,30
TiO ₂	0,53	0,33	0,60	0,76	1,01	0,84
Al ₂ O ₃	16,00	16,20	13,00	14,00	14,50	13,40
FeO	1,14	1,98	3,22	5,42	3,47	2,14
Fe ₂ O ₃	0,89	1,41	1,22	0,70	1,81	0,89
MnO	0,03	0,05	0,10	0,08	0,14	0,06
MgO	0,40	3,05	1,17	1,93	1,40	0,73
CaO	2,34	4,88	4,08	2,92	5,51	3,21
Na ₂ O	4,14	5,07	0,69	2,90	0,74	2,19
K ₂ O	3,03	1,31	2,00	2,51	1,65	2,01
P ₂ O ₅	0,33	0,12	0,20	0,17	0,32	0,29
PAF	0,80	1,07	1,83	0,57	1,88	0,93
Total	99,63	99,97	99,71	99,56	99,73	99,99
S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CO ₂	0,08	0,07	0,11	0,06	0,21	0,17
Fe ₂ O _{3t}	2,16	3,61	4,80	6,72	5,67	3,27

ppm

Cr	20	229	20	20	20	20
Cu	2	46	36	23	30	9
Ga	15	18	12	13	13	13
Nb	15	3	3	3	6	5
Rb	62	31	61	92	53	65
Sr	40	591	65	128	78	40
Y	46	7	25	24	32	33
Zn	25	119	54	83	83	72
Zr	327	83	123	113	170	167
Zr/Y	7,1	11,9	4,9	4,7	5,3	5,1

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1074-A	97SL-1075-A	97SL-1076-A	97SL-1077-A	97SL-1077-C	97SL-1078-A
MRNQ No	1997-14243	1997-14244	1997-14245	1997-14246	1997-14238	1997-14247
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V2J	V2J	V2J	V2J
UTM83 Nord	5327610	5327630	5327545	5327530	5327530	5327540
UTM83 Est	298355	298300	298140	298115	298115	298220
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04
SiO ₂	78,00	65,10	50,60	39,60	35,20	48,50
TiO ₂	0,67	0,72	0,37	0,41	0,37	0,43
Al ₂ O ₃	10,80	14,70	19,20	16,30	14,60	22,40
FeO	2,46	4,80	3,21	5,41	2,09	3,06
Fe ₂ O ₃	0,33	1,02	2,11	6,79	6,34	4,44
MnO	0,05	0,11	0,28	1,27	0,73	0,16
MgO	0,61	3,04	4,96	4,19	2,18	3,13
CaO	2,87	4,39	13,50	21,90	30,90	11,50
Na ₂ O	1,88	1,31	3,43	0,12	0,10	3,86
K ₂ O	1,29	3,07	0,45	0,07	0,01	0,30
P ₂ O ₅	0,21	0,21	0,03	0,03	0,03	0,03
PAF	0,62	1,12	1,26	3,28	7,31	1,99
Total	99,79	99,59	99,40	99,37	99,86	99,80
S	0,01	0,01	0,01	0,20	0,08	0,01
CO ₂	0,17	0,17	0,06	2,45	6,84	0,07
Fe ₂ O _{3t}	3,01	6,35	5,79	12,80	8,66	7,84
ppm						
Cr	47	53	261	177	117	271
Cu	44	88	25	38	51	25
Ga	9	14	14	13	14	16
Nb	3	4	3	3	3	3
Rb	37	93	14	4	3	11
Sr	38	52	159	115	104	131
Y	23	23	10	11	12	7
Zn	85	133	127	144	787	110
Zr	128	127	30	40	38	34
Zr/Y	5,6	5,5	3,0	3,6	3,2	4,9

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1079-A	97SL-1080-B	97SL-1081-B1	97SL-1081-B3	97SL-1085-A	97SL-AG-15
MRNQ No	1997-14206	1997-14248	1997-14207	1997-14249	1997-14269	1997-14265
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1 TD
UTM83 Nord	5327525	5327505	5327490	5327490	5328040	5326855
UTM83 Est	298215	298220	298220	298215	298155	296590
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

	%					
SiO ₂	62,60	55,70	55,90	65,30	57,10	66,60
TiO ₂	1,06	0,66	0,87	0,76	1,01	0,25
Al ₂ O ₃	16,50	20,20	17,70	15,50	18,60	16,50
FeO	3,30	0,00	0,00	0,00	4,50	1,18
Fe ₂ O ₃	1,77	0,00	0,00	0,00	1,21	0,10
MnO	0,07	0,27	0,10	0,08	0,13	0,04
MgO	2,75	3,32	1,91	2,78	2,70	0,60
CaO	4,14	4,09	4,53	4,65	8,78	5,24
Na ₂ O	1,30	1,47	4,81	0,94	3,81	4,73
K ₂ O	3,17	2,16	0,52	1,47	0,75	1,27
P ₂ O ₅	0,55	0,09	0,17	0,24	0,19	0,04
PAF	2,34	3,62	4,59	3,08	1,04	3,49
Total	99,55	91,58	91,10	94,80	99,82	100,04
S	0,01	0,55	4,70	0,84	0,01	0,01
CO ₂	0,06	0,07	0,30	0,06	0,15	2,56
Fe ₂ O _{3t}	5,44	8,27	8,68	5,33	6,21	1,41

	ppm					
Cr	20	278	55	53	92	20
Cu	43	57	973	253	5	11
Ga	18	19	21	16	19	17
Nb	11	3	4	6	5	3
Rb	87	111	28	62	28	34
Sr	196	163	255	159	187	323
Y	40	13	19	30	27	5
Zn	138	432	399	306	61	80
Zr	328	68	167	181	138	70
Zr/Y	8,2	5,2	8,8	6,0	5,1	14,0

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-AG-17	97SL-AG-18	97SL-AG-20	97SL-AO-6	97SL-AO-8	97SL-AO-9
MRNQ No	1997-14266	1997-14267	1997-14268	1997-14258	1997-14260	1997-14261
Lithologie	V1 TL	V1 TD	V1B MA	V2J	V2J	V2J
UTM83 Nord	5326870	5326885	5326890	5328575	5328660	5328720
UTM83 Est	296590	296590	296590	298745	298750	298750
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04
%						
SiO ₂	73,50	63,10	83,00	46,10	51,20	47,00
TiO ₂	0,63	0,28	0,26	1,14	1,01	0,90
Al ₂ O ₃	12,70	17,60	8,06	15,60	17,40	16,00
FeO	2,68	1,79	0,35	9,76	6,71	0,00
Fe ₂ O ₃	0,57	0,55	0,10	4,05	2,02	0,00
MnO	0,03	0,04	0,04	0,30	0,17	0,17
MgO	1,83	1,89	0,09	5,03	4,78	7,50
CaO	1,72	4,19	2,59	13,80	10,70	8,53
Na ₂ O	1,03	2,40	3,18	1,08	3,37	1,24
K ₂ O	2,04	2,93	0,61	0,66	0,44	1,25
P ₂ O ₅	0,11	0,07	0,05	0,09	0,14	0,12
PAF	2,79	4,97	1,97	1,44	1,37	3,64
Total	99,63	99,81	100,30	99,05	99,31	86,35
S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,24
CO ₂	0,80	2,65	1,75	0,48	0,43	0,62
Fe ₂ O _{3t}	3,55	2,54	0,39	14,90	9,48	13,70
ppm						
Cr	84	20	20	263	159	153
Cu	12	21	4	15	14	121
Ga	18	21	7	20	19	19
Nb	3	3	3	3	3	3
Rb	57	76	14	16	15	42
Sr	144	221	71	185	264	205
Y	8	6	15	20	24	21
Zn	77	91	7	85	66	68
Zr	117	78	115	46	54	49
Zr/Y	14,6	13,0	7,7	2,3	2,3	2,3

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-AR-16	97SL-AR-19	97SL-AR-21	97SL-AR-32	97SL-AR-34	97SL-AR-38
MRNQ No	1997-14209	1997-14210	1997-14211	1997-14212	1997-14213	1997-14214
Lithologie	V2J	V1B MA	V1B MA	V2J TL	V2J TL	V1D MA
UTM83 Nord	5327500	5327530	5327560	5327600	5327640	5327670
UTM83 Est	297150	297150	297155	297160	297165	297165
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04
%						
SiO ₂	46,70	70,30	67,60	40,70	42,90	64,70
TiO ₂	0,60	0,53	0,52	0,63	0,71	0,93
Al ₂ O ₃	18,30	15,50	15,30	14,70	16,60	16,80
FeO	0,00	2,48	2,92	8,67	6,40	3,87
Fe ₂ O ₃	0,00	0,74	1,26	0,76	0,10	0,33
MnO	0,22	0,04	0,07	0,22	0,16	0,05
MgO	1,43	0,69	0,99	4,63	4,53	1,72
CaO	13,80	2,43	2,76	14,10	13,30	3,64
Na ₂ O	2,81	2,58	3,17	1,61	2,35	2,64
K ₂ O	0,69	1,92	1,93	0,26	0,46	1,45
P ₂ O ₅	0,10	0,31	0,30	0,12	0,10	0,17
PAF	9,32	1,93	2,85	12,70	11,80	2,77
Total	93,97	99,45	99,67	99,10	99,41	99,07
S	0,53	0,01	0,01	0,01	0,01	0,12
CO ₂	8,21	0,48	1,53	10,00	9,11	1,30
Fe ₂ O _{3t}	5,53	3,50	4,51	10,40	7,16	4,63
ppm						
Cr	245	20	20	105	213	70
Cu	60	5	14	73	55	74
Ga	15	15	16	15	17	19
Nb	3	8	8	3	3	6
Rb	19	58	54	9	17	56
Sr	244	97	85	110	160	185
Y	17	37	33	20	15	33
Zn	67	32	43	103	80	89
Zr	67	318	247	80	76	254
Zr/Y	3,9	8,6	7,5	4,0	5,1	7,7

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-AR-40	97SL-AR-44	97SL-AR-45	97SL-AR-48	97SL-BG-1	97SL-BG-15
MRNQ No	1997-14215	1997-14216	1997-14217	1997-14219	1997-14262	1997-14264
Lithologie	V1D MA	V2J silicifiée	V2J	V2J	V2J	V1 TD SA
UTM83 Nord	5327685	5327690	5327700	5327800	5326990	5327135
UTM83 Est	297170	297175	297175	297180	296590	296710
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04
%						
SiO ₂	64,50	63,50	41,80	44,50	46,50	75,10
TiO ₂	0,88	0,58	0,93	0,82	1,74	0,34
Al ₂ O ₃	16,00	14,30	15,00	12,30	11,20	9,41
FeO	2,80	0,00	11,50	9,21	0,00	0,00
Fe ₂ O ₃	0,46	0,00	0,76	1,06	0,00	0,00
MnO	0,04	0,06	0,14	0,16	0,19	0,07
MgO	1,49	1,26	5,11	6,90	4,79	0,32
CaO	3,82	5,58	10,40	10,60	10,90	5,17
Na ₂ O	3,08	2,12	0,60	0,93	1,06	0,27
K ₂ O	1,84	1,59	0,64	0,13	0,03	2,87
P ₂ O ₅	0,22	0,27	0,09	0,29	0,09	0,07
PAF	4,12	5,71	12,00	11,80	8,45	4,34
Total	99,25	94,97	98,97	98,70	84,95	97,96
S	0,01	0,38	0,01	0,01	0,48	0,49
CO ₂	2,38	4,17	8,18	8,14	6,34	4,04
Fe ₂ O _{3t}	3,57	4,55	13,50	11,30	14,90	2,03
ppm						
Cr	132	23	245	434	20	20
Cu	87	40	114	11	56	41
Ga	17	16	16	15	19	9
Nb	4	7	3	6	3	3
Rb	72	46	22	6	3	45
Sr	187	115	103	46	145	38
Y	23	19	16	18	25	18
Zn	41	30	110	154	91	17
Zr	177	151	37	92	72	110
Zr/Y	7,7	7,9	2,3	5,1	2,9	6,1

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-BG-18	97SL-BG-3	97SL-BO-10	97SL-BO-4	97SL-BR-6	97SL-DO-6
MRNQ No	1997-14252	1997-14263	1997-14257	1997-14255	1997-14253	1997-14254
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1 TM	V1 TU BO	V1D SP	V2J
UTM83 Nord	5327125	5326940	5328225	5328330	5326177	5328150
UTM83 Est	296710	296590	298395	298390	295625	297645
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04
SiO ₂	74,70	71,60	56,40	45,70	62,40	51,00
TiO ₂	0,42	0,28	0,71	0,56	1,08	0,85
Al ₂ O ₃	11,90	9,04	18,20	12,50	10,70	16,80
FeO	1,19	0,00	4,90	8,21	7,03	7,74
Fe ₂ O ₃	0,45	0,00	1,81	2,88	0,68	0,20
MnO	0,05	0,13	0,13	0,37	0,17	0,19
MgO	0,43	1,06	3,23	7,32	1,44	3,13
CaO	2,61	5,72	5,98	17,70	6,62	7,38
Na ₂ O	4,04	0,28	5,02	0,18	1,01	4,28
K ₂ O	2,01	2,09	0,45	0,31	1,03	0,56
P ₂ O ₅	0,09	0,07	0,26	0,11	0,28	0,12
PAF	2,14	5,21	2,21	3,25	6,75	7,16
Total	100,03	95,48	99,30	99,09	99,19	99,41
S	0,15	0,30	0,06	0,01	0,07	0,01
CO ₂	1,73	4,14	0,15	2,04	5,20	5,04
Fe ₂ O _{3t}	1,77	4,18	7,26	12,00	8,49	8,80
ppm						
Cr	20	23	20	63	20	189
Cu	51	283	15	15	15	77
Ga	13	10	20	13	21	18
Nb	3	3	8	3	8	3
Rb	38	41	10	8	28	19
Sr	47	42	256	161	108	146
Y	16	18	19	20	103	18
Zn	16	76	57	148	86	99
Zr	119	112	156	70	266	43
Zr/Y	7,4	6,2	8,2	3,5	2,6	2,4

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1094-A	97SL-1097-A	97SL-1100-A	98SL-1102-A	98SL-1102-B	99SL-3201-A
MRNQ No	1998-19323	1998-19324	1998-19701	1998-19321	1998-19322	1999-27601
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B BR	V1 TD	V2J TZ
UTM83 Nord	5327492	5327443	5327497	5327442	5327443	5328100
UTM83 Est	298220	298220	298220	297798	297800	296545
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C05

%

SiO ₂	64,50	51,50	63,60	67,50	58,80	39,70
TiO ₂	0,68	0,61	0,84	0,67	0,69	0,84
Al ₂ O ₃	10,70	16,50	15,70	14,50	15,80	14,50
FeO			3,53	3,64	5,05	
Fe ₂ O ₃			2,30	1,14	1,81	
MnO	0,13	0,22	0,10	0,06	0,10	0,26
MgO	2,72	6,85	2,00	1,95	4,59	3,01
CaO	0,02	6,32	4,24	3,92	5,70	13,70
Na ₂ O	0,10	0,85	1,77	2,00	1,74	0,98
K ₂ O	1,77	0,78	2,68	2,60	2,33	0,52
P ₂ O ₅	0,05	0,12	0,25	0,20	0,15	0,16
PAF	5,49	4,29	1,86	1,02	1,94	6,60
Total	86,16	88,04	98,87	99,20	98,70	94,80
S	4,70	0,44	0,20	0,01	0,01	
CO ₂	0,14	0,04	0,20	0,10	0,12	
Fe ₂ O _{3t}	13,20	11,80	6,22	5,19	7,42	14,50

ppm

Cr	20	300	20	20	270	190
Cu	950	210	130	20	1	130
Ga	29	19	20	19	19	17
Nb	5	2	8	6	4	5
Rb	63	28	84	100	97	16
Sr	3	215	155	141	243	237
Y	11	21	45	39	25	19
Zn	450	330	140	64	64	130
Zr	113	88	246	230	144	67
Zr/Y	10,3	4,2	5,5	5,9	5,8	3,5

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	99SL-3205-B	99SL-3217-A	99SL-3221-A	99SL-3223-A	99SL-3223-A	99SL-3232-A
MRNQ No	1999-27602	1999-27603	1999-27604	1999-27655	1999-27671	1999-27605
Lithologie	V2J TL	V2J MA	V2J BR	V1D TL	V2J	V1D TZ
UTM83 Nord	5328070	5329800	5329610	5328795	5329340	5328810
UTM83 Est	296505	296635	296510	294350	294900	295620
SNRC	32C06	32C07	32C08	32C14	32C17	32C09

%

SiO ₂	39,20	57,60	56,30	56,10	52,20	44,50
TiO ₂	0,85	0,59	0,60	0,75	0,97	0,89
Al ₂ O ₃	14,30	16,00	16,90	16,50	15,30	15,00
FeO						
Fe ₂ O ₃						
MnO	0,29	0,10	0,11	0,13	0,15	0,39
MgO	2,82	3,15	2,68	3,25	5,33	5,16
CaO	13,50	5,70	5,88	9,36	7,60	8,24
Na ₂ O	2,17	3,41	3,71	2,36	2,63	2,64
K ₂ O	0,90	0,27	0,57	0,35	0,16	0,21
P ₂ O ₅	0,15	0,12	0,13	0,12	0,21	0,11
PAF	11,10	6,77	7,30	3,56	6,14	10,00
Total	98,32	99,94	99,73	99,81	99,77	100,16
S				0,01		
CO ₂						
Fe ₂ O _{3t}	13,00	6,22	5,54	7,31	9,05	13,00

ppm

Cr	210	58	64	79	160	98
Cu	110	28	1	41	64	38
Ga	15	17	16	16	15	14
Nb	5	5	6	5	6	4
Rb	29	6	13	11	7	8
Sr	112	168	176	252	238	69
Y	19	17	21	21	25	22
Zn	84	92	29	48	73	83
Zr	59	101	116	98	123	65
Zr/Y	3,1	5,9	5,5	4,7	4,9	3,0

Annexe 2 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	99SL-3247-A	99SL-3256-A	99SL-3286-A	99SL-3410-A	99SL-3418-A	99SL-3436-A
MRNQ No	1999-27606	1999-27607	1999-27608	1999-27609	1999-27656	1999-27657
Lithologie	V2J MA	V2J MA	V2J MA	V2J TM	V1D TZ	V1D TZ
UTM83 Nord	5329875	5329855	5328870	5328615	5328535	5329785
UTM83 Est	297040	297760	295900	297870	293280	293245
SNRC	32C10	32C11	32C12	32C13	32C15	32C16

	%					
SiO ₂	70,50	60,60	47,20	57,20	51,90	60,90
TiO ₂	0,51	0,46	1,10	0,84	0,47	0,52
Al ₂ O ₃	13,80	15,40	14,70	16,50	17,20	15,80
FeO						
Fe ₂ O ₃						
MnO	0,42	0,37	0,20	0,10	0,17	0,11
MgO	2,11	3,20	2,63	2,64	7,17	3,59
CaO	0,04	0,95	12,00	7,63	8,16	5,53
Na ₂ O	0,29	0,26	1,28	3,25	2,64	5,23
K ₂ O	0,59	2,22	0,86	1,36	0,19	0,24
P ₂ O ₅	0,10	0,11	0,15	0,11	0,07	0,09
PAF	2,48	4,72	12,00	6,15	4,06	1,62
Total	98,84	99,80	100,11	100,23	99,88	99,51
S					0,01	0,03
CO ₂						
Fe ₂ O _{3t}	7,89	11,50	7,96	4,43	7,82	5,86

	ppm					
Cr	810	35	150	120	210	86
Cu	25	270	50	79	62	75
Ga	15	17	18	16	14	15
Nb	4	5	4	4	3	4
Rb	12	43	28	35	7	7
Sr	10	31	98	146	243	194
Y	10	11	23	18	12	15
Zn	490	440	220	47	62	49
Zr	92	100	83	84	55	94
Zr/Y	9,2	9,1	3,6	4,7	4,6	6,3

Annexe 3 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches plutoniques de East-Sullivan

No Terrain	97SL-1007-A	97SL-1023-A	97SL-1039-A	97SL-1043-A	97SL-1056-A	97SL-1062-A
MRNQ No	1997-14220	1997-14237	1997-14224	1997-14226	1997-14229	1997-14231
Lithologie	I2J	I2J	I2J	I2J	I1	I2F
UTM83 Nord	5327060	5328190	5328030	5328235	5326995	5325810
UTM83 Est	297900	298265	298245	298445	296965	297925
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

%

SiO ₂	48,30	56,10	64,40	63,00	48,20	45,80
TiO ₂	1,15	0,97	0,71	1,48	2,62	1,41
Al ₂ O ₃	14,60	16,80	18,00	14,20	13,80	16,10
Fe ₂ O _{3t}	10,90	8,09	3,50	7,82	14,30	11,20
MnO	0,22	0,15	0,05	0,10	0,22	0,30
MgO	6,26	3,88	1,44	3,26	1,80	6,21
CaO	15,00	5,93	4,20	3,61	9,10	14,60
Na ₂ O	2,30	6,52	4,19	3,02	3,95	1,66
K ₂ O	0,19	0,37	2,22	1,97	0,07	1,00
P ₂ O ₅	0,06	0,19	0,24	0,28	0,18	0,09
PAF	1,18	0,99	1,17	1,38	6,09	1,60
Total	100,16	99,99	100,12	100,12	100,33	99,97

ppm

Rb	4	9	59	77	3	45
Ba	35	106	557	661	33	133
Sr	114	164	229	377	107	192
U	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
Nb	3	5	7	7	4	3
Zr	52	97	206	273	119	50
Y	22	23	31	43	32	19
V	338	224	74	232	361	394
Co	42	31	10	17	27	49
Cr	35	98	59	20	20	290
Ni	54	32	10	6	5	111

Annexe 3 - Résultats des analyses d'éléments majeurs des roches plutoniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1065-A	97SL-1069-A	97SL-1082-A	97SL-AR-1	97SL-AR-46	97SL-BO-5
MRNQ No	1997-14232	1997-14235	1997-14239	1997-14208	1997-14218	1997-14256
Lithologie	I2J	I2F	I2J	I1 FP	I1 FP	I3 FP
UTM83 Nord	5326350	5327670	5327450	5327300	5327770	5328110
UTM83 Est	297655	298425	298275	297150	297180	298405
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

%

SiO ₂	51,10	57,10	52,80	60,40	56,60	52,40
TiO ₂	1,07	0,58	0,49	0,31	0,83	0,94
Al ₂ O ₃	14,70	20,20	20,50	16,60	17,90	19,00
Fe ₂ O _{3t}	9,47	4,90	7,59	3,15	7,14	8,31
MnO	0,22	0,08	0,10	0,05	0,07	0,16
MgO	7,00	1,55	6,25	2,70	3,29	3,60
CaO	12,00	4,37	4,25	4,92	5,54	9,00
Na ₂ O	2,84	5,39	4,49	4,22	4,50	1,35
K ₂ O	0,44	4,32	0,37	1,72	0,55	3,40
P ₂ O ₅	0,04	0,39	0,07	0,11	0,26	0,13
PAF	1,15	1,19	3,28	5,45	2,84	1,87
Total	100,03	100,07	100,19	99,63	99,52	100,16

ppm

Rb	17	100	14	45	12	86
Ba	54	1100	168	650	454	522
Sr	121	1500	355	387	326	298
U	0,2	0,9	0,2	0,4	0,6	0,5
Nb	3	5	3	3	8	4
Zr	50	151	55	83	138	136
Y	21	20	13	6	17	29
V	326	52	146	41	107	180
Co	46	9	16	11	24	26
Cr	313	20	25	95	38	143
Ni	75	1	33	39	35	66

Annexe 4 - Résultats des analyses des ETR-CRM des roches volcaniques de East-Sullivan

No Terrain	97SL-1029-A	97SL-1030-A	97SL-1055-A1	97SL-1059-A	97SL-1060-A	97SL-1079-A
MRNQ No	1997-14201	1997-14202	1997-14203	1997-14204	1997-14205	1997-14206
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA
UTM83 Nord	5327610	5327625	5327480	5327573	5327575	5327525
UTM83 Est	297900	297905	297790	297970	297905	298215
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

	ppm					
La	35	39	41	36	39	37
Ce	84	91	93	84	86	86
Nd	51	57	57	54	58	57
Sm	12	13	14	12	13	13
Eu	2	2	2	2	2	2
Tb	1	1	1	1	1	1
Ho	4	2	3	1	4	1
Tm	0	1	1	1	1	1
Yb	3	4	4	4	4	3
Lu	1	1	1	1	1	1

	ppm normalisé selon Boynton (1984)					
La	113	126	132	116	126	119
Ce	104	113	115	104	106	106
Nd	85	95	95	90	97	95
Sm	62	67	72	62	67	67
Eu	23	26	29	22	23	26
Tb	25	27	30	27	27	27
Ho	5	3	4	1	5	2
Tm	12	19	19	15	19	15
Yb	16	17	18	18	18	15
Lu	20	22	21	20	20	19

Annexe 4 - Résultats des analyses des ETR-CRM des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1081-B1	97SL-1094-A	97SL-1097-A	97SL-1100-A	98SL-1102-A	98SL-1102-B
MRNQ No	1997-14207	1998-19323	1998-19324	1998-19701	1998-19321	1998-19322
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B BR	V1 TD
UTM83 Nord	5327490	5327492	5327443	5327497	5327442	5327443
UTM83 Est	298220	298220	298220	298220	297798	297800
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

ppm

La	19	7	13	26	21	15
Ce	35	15	25	59	51	32
Nd	21	13	18	44	35	22
Sm	5	3	4	10	9	6
Eu	1	0	1	2	2	1
Tb	1	0	0	1	1	0
Ho	2	1	1	2	2	1
Tm	1	0	0	0	0	0
Yb	2	1	3	5	5	3
Lu	0	0	0	1	1	0

ppm normalisé selon Boynton (1984)

La	61	23	42	84	68	48
Ce	43	19	31	73	63	40
Nd	35	22	30	73	58	37
Sm	26	14	21	49	44	28
Eu	15	4	14	24	26	14
Tb	13	4	6	15	15	8
Ho	2	2	1	3	3	2
Tm	15	6	6	6	6	6
Yb	11	5	12	24	22	15
Lu	13	6	9	22	22	12

Annexe 4 - Résultats des analyses des ETR-CRM des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	99SL-3223-A	99SL-3418-A	99SL-3436-A
MRNQ No	1999-27655	1999-27656	1999-27657
Lithologie	V1D TL	V1D TM	V1D TM
UTM83 Nord	5328795	5328535	5329785
UTM83 Est	294350	293280	293245
SNRC	32C04	32C04	32C04

ppm

La	7	5	8
Ce	17	12	17
Nd	13	7	7
Sm	3	2	3
Eu	1	1	1
Tb	1	0	0
Ho	1	1	1
Tm	1	1	0
Yb	2	2	2
Lu	0	0	0

ppm normalisé selon Boynton (1984)

La	22	16	25
Ce	21	15	21
Nd	22	12	12
Sm	17	11	13
Eu	16	10	11
Tb	11	4	6
Ho	1	1	1
Tm	15	15	6
Yb	11	7	8
Lu	13	9	9

Annexe 5 - Résultats des analyses des ETR-UQAC des roches volcaniques de East-Sullivan

No Terrain	97SL-1029-A	97SL-1030-A	97SL-1055-A1	97SL-1055-A2	97SL-1055-C1	97SL-1055-C2
MRNQ No	1997-14201	1997-14202	1997-14203	1997-14240	1997-14228	1997-14241
UQAC No	BN-1	BN-1	BN-3	BN-12	BN-8	BN-13
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V2J CO
UTM83 Nord	5327610	5327625	5327480	5327480	5327475	5327475
UTM83 Est	297900	297905	297790	297790	297790	297790
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

	ppm					
La	36	38	41	21	34	4
Ce	94	98	102	56	90	7
Nd	55	56	59	37	59	7
Sm	12	13	13	9	13	2
Eu	2	2	2	2	2	1
Tb	2	2	2	1	2	0
Ho	1	2	2	1	1	1
Yb	4	4	4	3	4	2
Lu	1	1	1	0	1	0

	ppm normalisé selon Boynton (1984)					
La	116	123	131	69	110	13
Ce	116	121	126	70	112	9
Nd	92	93	98	61	98	11
Sm	62	65	65	45	67	10
Eu	28	26	29	22	25	13
Tb	32	33	33	22	32	10
Ho	2	2	2	1	2	1
Yb	20	20	21	13	19	10
Lu	20	20	21	12	19	10

Annexe 5 - Résultats des analyses des ETR-UQAC des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1059-A	97SL-1060-A	97SL-1067-A	97SL-1075-A	97SL-1076-A	97SL-1077-A
MRNQ No	1997-14204	1997-14205	1997-14234	1997-14244	1997-14245	1997-14246
UQAC No	BN-4	BN-5	BN-9	BN-14	BN-15	BN-16
Lithologie	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA	V2J MA	V2J MA
UTM83 Nord	5327573	5327575	5327705	5327630	5327545	5327530
UTM83 Est	297970	297905	298315	298300	298140	298115
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

ppm

La	35	38	12	18	3	2
Ce	90	92	26	42	4	5
Nd	52	54	17	25	4	8
Sm	11	12	4	5	1	2
Eu	2	2	1	1	0	1
Tb	1	1	1	1	0	0
Ho	1	1	1	1	0	0
Yb	4	4	3	2	1	1
Lu	1	1	1	0	0	0

ppm normalisé selon Boynton (1984)

La	111	121	40	58	9	8
Ce	111	114	32	51	5	6
Nd	86	90	28	42	6	14
Sm	59	61	21	28	5	9
Eu	25	23	17	16	6	14
Tb	29	30	13	15	4	5
Ho	2	2	1	1	0	0
Yb	20	19	14	10	4	5
Lu	19	20	16	11	5	5

Annexe 5 - Résultats des analyses des ETR-UQAC des roches volcaniques de East-Sullivan (suite)

No Terrain	97SL-1077-C	97SL-1078-A	97SL-1079-A	97SL-1081-B1	97SL-1085-A
MRNQ No	1997-14238	1997-14247	1997-14206	1997-14207	1997-14269
UQAC No	BN-11	BN-17	BN-6	BN-7	BN-18
Lithologie	V2J MA	V2J MA	V1B MA	V1B MA	V1B MA
UTM83 Nord	5327530	5327540	5327525	5327490	5328040
UTM83 Est	298115	298220	298215	298220	298155
SNRC	32C04	32C04	32C04	32C04	32C04

ppm

La	2	3	34	17	12
Ce	5	3	87	35	27
Nd	6	3	52	22	19
Sm	2	1	11	5	4
Eu	1	0	2	1	1
Tb	0	0	1	1	1
Ho	0	0	1	1	1
Yb	1	1	4	3	3
Lu	0	0	1	0	0

ppm normalisé selon Boynton (1984)

La	8	8	111	54	38
Ce	6	4	108	43	34
Nd	10	5	87	36	31
Sm	8	5	58	25	23
Eu	9	6	25	13	16
Tb	5	4	29	14	14
Ho	1	0	2	1	1
Yb	5	4	18	12	13
Lu	5	4	18	13	13