MB 86-31

GEOLOGIE DE LA REGION DE RICHMOND - CANTONS DE CLEVELAND, KINGSEY ET SHIPTON

Documents complémentaires

Additional Files





Licence



License

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

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service de la géologie

SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

Géologie de la région de Richmond – Cantons de Cleveland, Kingsey et Shipton –

Robert Marquis

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.

1986

MB 86 – 31

Table des matières

1- INTRODUCTION

1.1 localisation
1.2 population et accès
1.3 travaux antérieurs
1.4 présents travaux
1.5 remerciements

2- GEOLOGIE GENERALE

2.1 Groupe d'Oak Hill
2.1.1 Formation de Tibbit Hill
2.1.2 Formation de Call Mill
2.1.3 Formation de Pinnacle
2.1.4 Formation de Gilman
2.1.5 Formation de Dunham
2.1.6 Formation de Sweetsburg
2.1.7 Formation de Melbourne
2.2 Groupe de Caldwell
2.3 Complexe ophiolitique d'Asbestos
2.4 Groupe de Stanbridge
2.5 Formation de St-Daniel

3- TECTONIQUE

3.1 Traits structuraux régionaux
3.2 Interprétation structurale
3.2.1 Présentation des éléments structuraux
3.2.2 Présentation des domaines structuraux
3.2.3 Analyse des données structurales et stéréographiques

4- METAMORPHISME

5- GEOLOGIE ECONOMIQUE

REFERENCES

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

ANNEXE

1- INTRODUCTION

La campagne de cartographie effectuée dans la région de Richmond au cours de l'été 1985 s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche consacré à l'étude d'une structure majeure des Appalaches du Québec: l'anticlinorium des Monts Sutton.

1.1 Localisation

La région de Richmond se trouve dans les Cantons de l'Est, entre Drummondville et Sherbrooke.

Le secteur cartographié contenu par le feuillet topographique 31H9-200-0202 est limité au SW par la rivière St-François (figure 1). Les coordonnées du coin NE de la carte sont 45°45' de latitude et 72°00' de longitude.

1.2 Population et accès

La municipalité de Richmond, érigée sur la rive NE de la rivière St-François compte environ 5000 habitants. Elle est la principale agglomération urbaine de la région. Les routes 55 et 116 constituent les principales voies d'accès depuis Montréal, Québec et Sherbrooke. Les routes 143 et 243 complètent le réseau

004

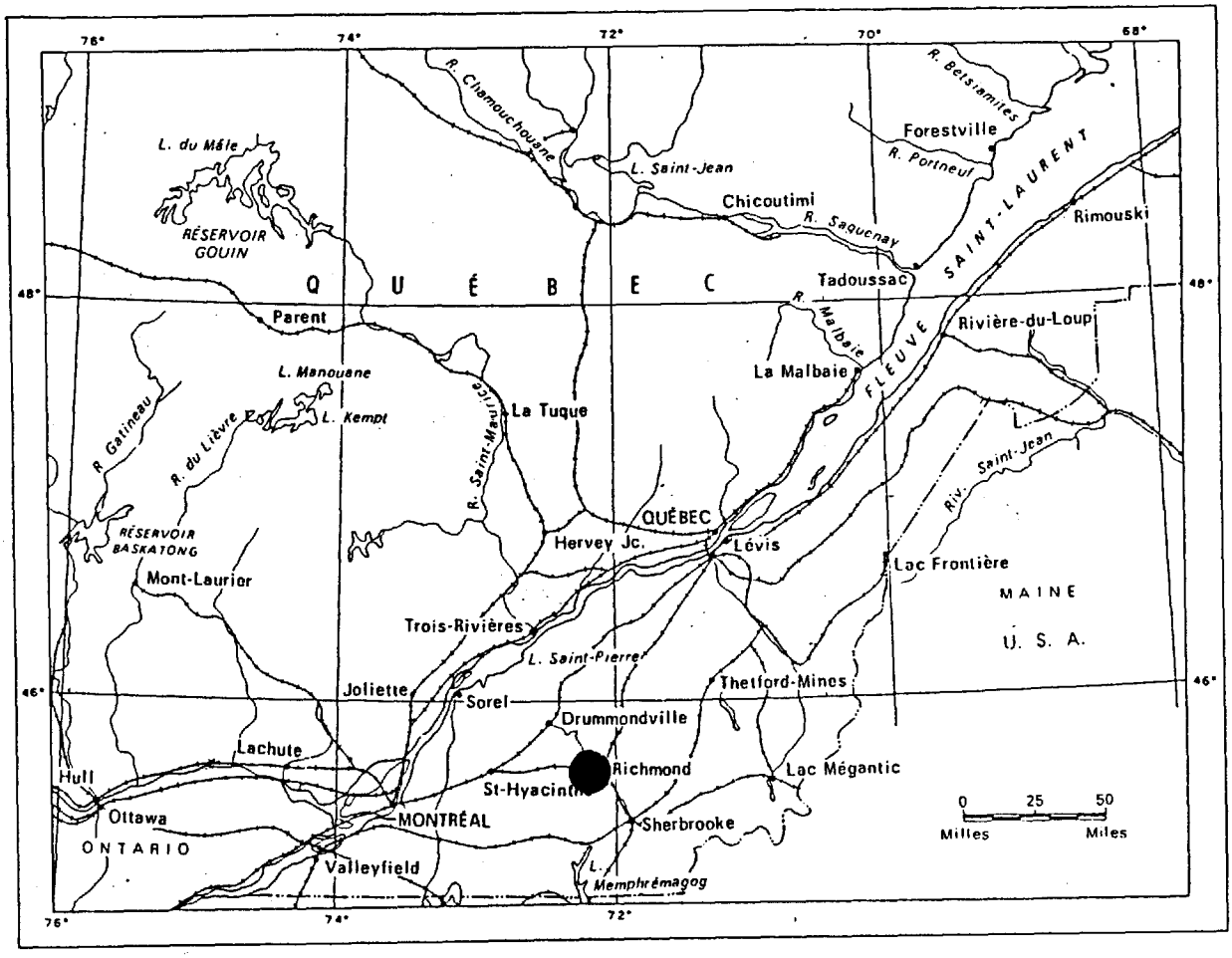


figure 1: Carte de localisation de la région de Richmond.

routier principal. Un grand nombre de chemins de gravier et de terre mènent aux fermes dispersées sur l'ensemble du territoire; ce qui facilite grandement l'accès aux affleurements.

1.3 Travaux antérieurs

Les premiers relevés géologiques des Cantons de l'Est furent effectués par W.E. Logan au milieu du XIXè siécle. Depuis, un grand nombre de chercheurs ont contribué à améliorer nos connaissances géologiques. Le tableau 1, tiré de Marquis (1985), retrace les principales étapes de ce cheminement scientifique.

1.4 Présents travaux

Durant l'été 1985 nous avons cartographié au 1:20,000 un terrain d'une superficie approximative de 200km², situé dans les cantons de Cleveland, Kingsey et Shipton (comtés de Richmond et Drummond).

Notre équipe était constituée de 2 géologues et de leurs assistants. Plus de 900 affleurements ont été décrits entre le 3 juin et le 30 août. Ceux-ci ont été localisés à l'aide de photographies aériennes au 1:15,000, prises en 1979. Les affleurements localisés ont été reportés sur les cartes topographiques au 1:20,000, mises à notre disposition par le

Tableau 1: Travaux antérieurs (tiré de Marquis, 1985)

AUTEURS	CONTRIBUTIONS
LOGAN, W.E. 1847, 1863	PREMIERE DESCRIPTION GEOLOGIQUE DES CANTONS DE L'EST.
SELWYN, A.R.C. 1883	RECONNAIT LA FORME ANTICLINALE DES MONTS SUTTON.
ELLS, R.W. 1887,1888	CARTOGRAPHIE LES CALCAIRES GRAPHITEUX DE RICHMOND.
HARVIE, R. 1911-1914	CARTOGRAPHIE LES ROCHES ULTRA-MAFIQUES DU SUD DU QUEBEC.
CLARK, T.H. 1934,1936	ETABLI LA STRATIGRAPHIE DE LA SERIE D'OAK HILL.
AMBROSE, G.W. 1942,1943	COMPILATION DES TRAVAUX DANS LA REGION DE HANSONVILLE.
CLARK, T.H. MC GERRIGLE, H.W., 1944	PRECISIONS SUR LA STRUCTURE DE LA SERIE D'OAK HILL.
DRESSER, J.A. DENIS, T.C., 1944	TRAVAIL DE COMPILATION.
FORTIER, Y.O. 1946	TRAVAIL DE COMPILATION.
COOKE, H.C., 1937 1950, 1952, 1955	CARTOGRAPHIE ET RECONNAISSANCE DE LA SERIE D'OAK HILL PRES DE RICHMOND.
CARTER, G.F.E. 1954	THESE DE MAITRISE SUR LA DOLOMIE DE DUNHAM.
COOKE, H.C.,ET AL. 1962	ELEVENT LA SERIE D'OAK HILL AU RANG DE GROUPE D'OAK HILL.
EAKINS, P.R., 1964 1964	CARTOGRAPHIE DU GROUPE D'OAK HILL, PRES DE SUTTON.
OSBERG, P.H. 1965,1967	ETUDE STRUCTURALE DU GROUPE D'OAK HILL, DE KNOWLTON A RICHMOND.
CLARK, T.H., ET EAKINS, P.R., 1968	PRECISIONS SUR LA STRATIGRAPHIE ET LA STRUCTURE DANS LA REGION DE SUTTON.
GLOBENSKY, Y. 1978	CARTOGRAPHIE DE LA REGION DE DRUMMONDVILLE.
CHARBONNEAU, J.M. 1975,1980	THESE DE DOCTORAT AU CONTACT ENTRE LES GROUPES D'OAK HILL ET DE STANBRIDGE, A L'OUEST DE COWANSVILLE.
PINTSON, H., ET AL. 1985	ETUDE GEOCHIMIQUE DES LAVES DE LA FORMATION DE TIBBIT HILL.
BOUCHER, M. 1984	ETUDE DE LA MINERALISATION DANS LA FORMATION DE DUNHAM.

service de la cartographie du Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec. La plupart des affleurements sont situés le long des routes et dans les champs. En terrain accidenté et dans les régions boisées nous avons effectué des cheminements à la boussole et au compte-pas.

1.5 Remerciements

Nous avons eu recours à plusieures reprises à l'expertise du professeur Jacques Béland de l'Université de Montréal, qui dirige nos recherches. Ses visites nous ont été très profitables et je lui en suis reconnaissant. Nous avons également bénéficié du support de messieurs Yvon Globensky et Joël Brun, responsables de notre projet auprès du Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec. Je tiens également à remercier monsieur Bernard Gaboury pour l'intérêt soutenu qu'il a manifesté envers notre projet au cours de l'été.

2- GEOLOGIE GENERALE

2.1 Groupe d'Oak Hill

Le "Oak Hill slice" décrit par Clark (1934), dans la région de Sutton fut élevé au rang de Groupe d'Oak Hill suite aux travaux de Cooke et al (1962) dans les comtés de Brome et de Shefford. Au fil des ans les roches associées à cette unité stratigraphique ont été cartographiées sur une distance de 100km depuis la frontière américaine jusqu'à Danville, comté de Richmond (Cooke, 1952; Eakins, 1964; Osberg, 1965; Globensky, 1978; Charbonneau, 1980). Au sud de la frontière, le Groupe d'Oak Hill a également été reconnu. Il repose en discordance sur un socle continental, dans les Green Mountains" du Vermont (Doll et al, 1962). La terminologie américaine étant différente de la nôtre, le tableau 2 tiré de Marquis (1985), permet d'établir les corrélations stratigraphiques de part et d'autre de la frontière.

Les Formations suivantes ont été décrites dans la région de Richmond:

Formation de Melbourne
Formation de Sweetsburg
Formation de Dunham
Formation de Gilman
Formation de Pinnacle
Formation de Call Mill
Formation de Tibbit Hill

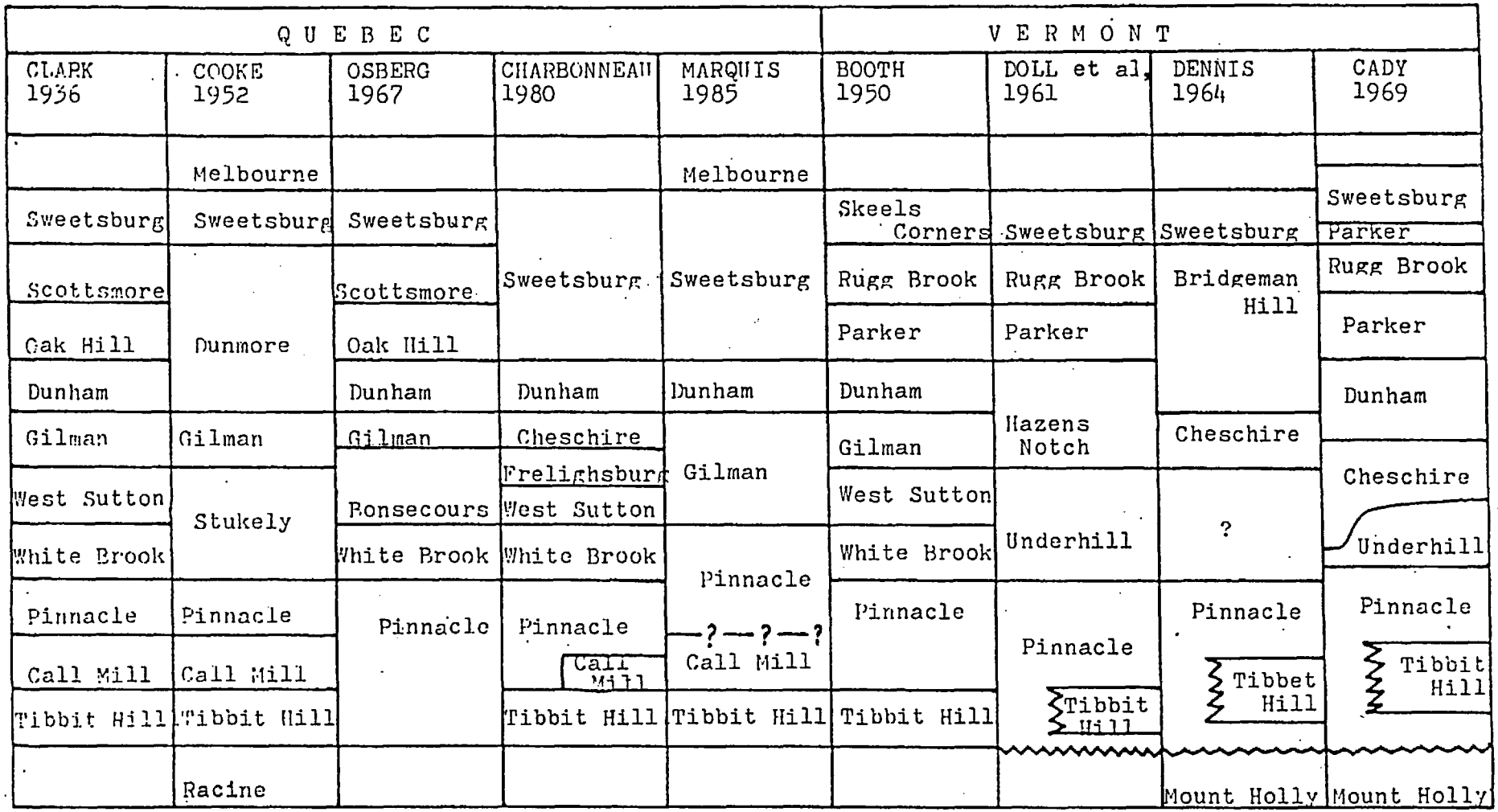


Tableau 2: Corrélations stratigraphiques entre les formations du Groupe d'Oak Hill du Québec et du Vermont (tiré de Marquis, 1985).

009

2.1.1 Formation de Tibbit Hill

La Formation volcanique de Tibbit Hill constitue la base du Groupe d'Oak Hill, au Québec. Seule une datation isotopique permettra d'établir s'il s'agit de roches cambriennes ou hadryniennes.

Des schistes à chlorite verts foncés à gris verdâtres souvent amygdalaires ou parsemés de boules d'épidote, forment la lithologie dominante. La présence de minces niveaux de rhyolite bréchifiée indique néanmoins qu'il s'agit d'une séquence volcanique bimodale. Entre les coulées, des niveaux centimétriques de phyllade rougeâtre témoignent d'un arrêt momentané du volcanisme. Près du sommet de la Formation de Tibbit Hill, le long de la route 243, 4,4km au NW de Richmond, une unité conglomératique de quelques mètres d'épaisseur est intercalée entre les schistes à chlorite. Les contours flous des fragments, la forte proportion de matrice et l'absence de figure sédimentaire sont caractéristiques de cette roche. En lame mince les fragments centimétriques possèdent des contours irréguliers alors que les fragments plus petits sont bien arrondis. De plus, les fragments et la matrice sont riches en minéraux opaques et en séricite.

L'interprétation selon laquelle les roches volcaniques du Tibbit Hill se seraient mises en place sur une croûte continentale

dans un rift lors de l'ouverture de Iapetus s'appuie sur les données suivantes:

1) La Formation de Tibbit Hill appartient au Groupe d'Oak Hill, lequel repose en discordance sur un socle continental dans les "Green Mountains" du Vermont, Doll et al, 1961).

2) Les relevés magnétiques et gravimétriques interprétés par Kumarapelli et al (1981), indiquent que les roches volcaniques affleurantes ne constituent qu'une petite partie de l'empilement total enfoui en profondeur.

3) Les analyses géochimiques de Pintson et al (1985), dans la région de Richmond soutiennent les conclusions de Coish et al (1985), au Vermont selon qui les roches volcaniques du Tibbit Hill se sont formées au début d'un épisode de rift continental.

4) La présence de cristaux reliques de kaersutite primaire, une amphibole restreinte aux roches de composition alcaline, (Trzciensky, 1976; Aggarwal et al, 1984).

2.1.2 Formation de Call Mill

Globensky rapporte la présence de phyllades grises, vertes et mauves déposées directement sur la Formation de Tibbit Hill, au N de notre région. Il décrit ces roches, formées de quartz, muscovite, albite et chlorite, comme les ardoises de Call Mill. Ces roches affleurent également à l'extrémité N de notre secteur. Elles ont alors une teinte grise bleutée et un trait rouge qui trahit la présence d'hématite. L'extension latérale de cette unité est toutefois problématique notamment à cause des complexités structurales du secteur.

En outre, nos études de lames minces semblent indiquer une certaine similitude entre les roches assignées au Call Mill et celles de l'unité inférieure de grauwacke que nous avons regroupées avec la Formation de Pinnacle.

L'unité inférieure de grauwacke étant beaucoup plus variable en terme de composition que la Formation de Call Mill, définie comme une roche argileuse, fissile, à grain fin (Clark, 1936), nous émettons des réserves quant au bien fondé de l'utilisation de ce terme dans notre secteur.

2.1.3 Formation de Pinnacle

Le grauwacke lithique à lits de magnétite de la Formation de Pinnacle (Clark, 1936) est remplacé dans la région de Richmond, par un wacke quartzeux contenant des grains de quartz bleu et par une quartzite blanche. En plus de cette variation latérale de faciès, une suite d'affleurements bien dispersés, situés dans la partie NW de notre territoire, nous a permis de préciser les variations verticales de faciès à l'intérieur de la Formation de Pinnacle. En étudiant 21 lames minces sélectionnées, nous avons établi la séquence stratigraphique représentée sur le tableau 3. De la base au sommet nous trouvons:

a) un grauwacke chloriteux mal trié et grossier (figure 2).

b) un wacke quartzeux alternant avec des phyllades bleutées (figure 3).

c) une arénite quartzeuse partiellement recristallisée (figure 4).

Au sommet de la Formation de Pinnacle, l'unité supérieure de slate mauve correspond à un changement radical des conditions de sédimentation qui permettent désormais la déposition de particules détritiques beaucoup plus fines, et la précipitation de carbonates. La calcite est présente en proportion variant de 5% à 50% tel qu'estimé visuellement en lame mince.

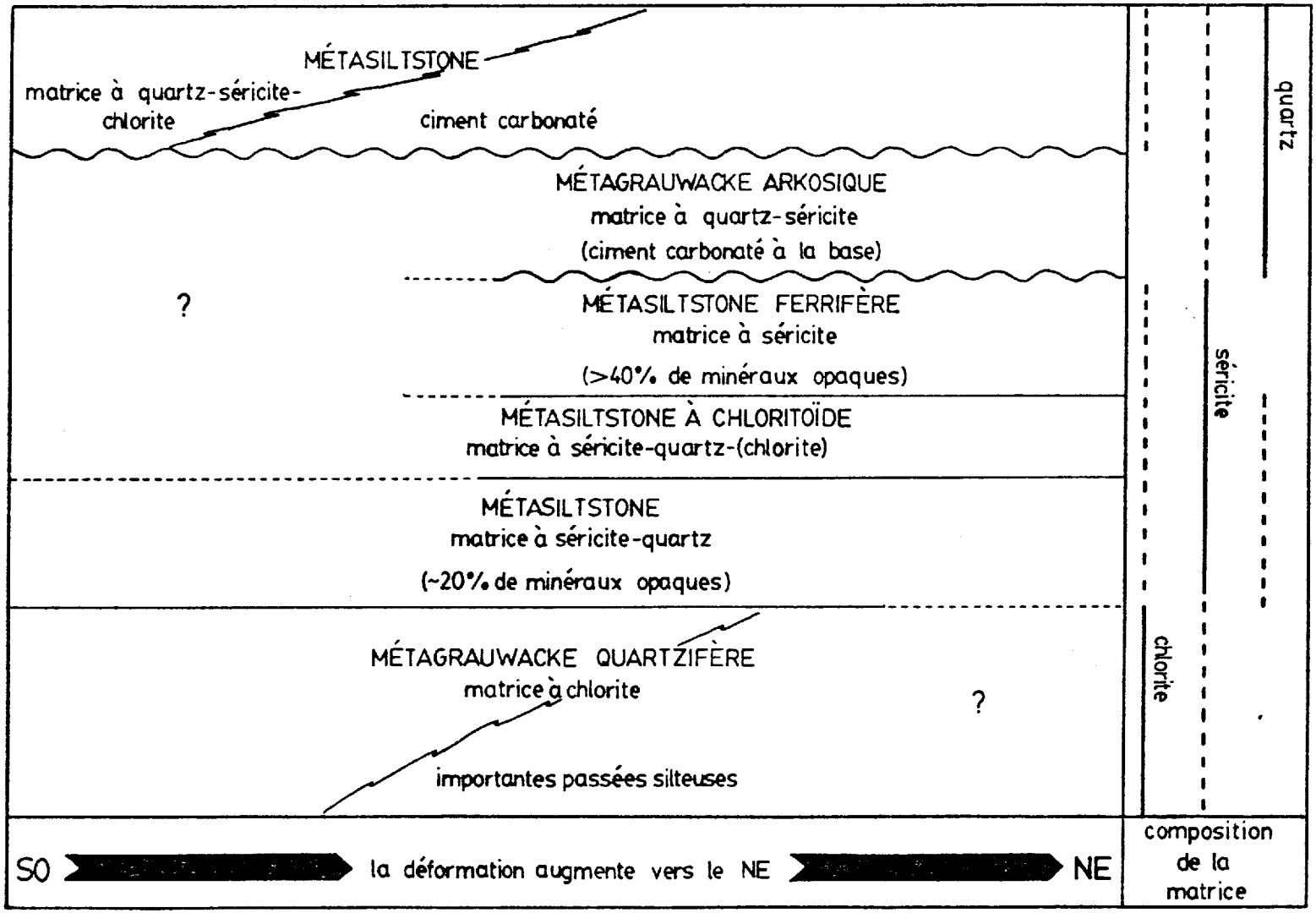


Tableau 3: Séquence sédimentaire attribuée à la Formation de Pinnacle dans le Canton de Cleveland. Ce tableau a été établi en collaboration avec M. Maurice Colpron, dans le cadre d'un projet de fin d'études, à l'UQAM

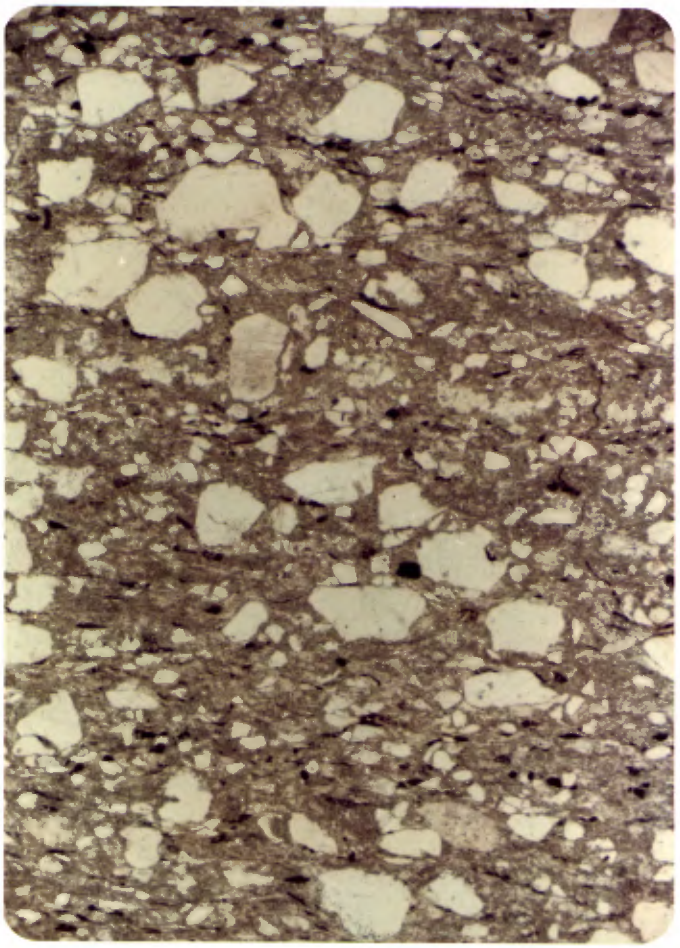


Figure 2: Microphotographie en lumière naturelle d'un métagrawacke chloriteux de la Formation de Pinnacle. Les grains de quartz mesurent entre 3 et 5 mm. Cet échantillon provient d'un affleurement situé le long de la route 243, au NW de Richmond (Coordonnées UTM: 5065000 mN et 405000 mE).

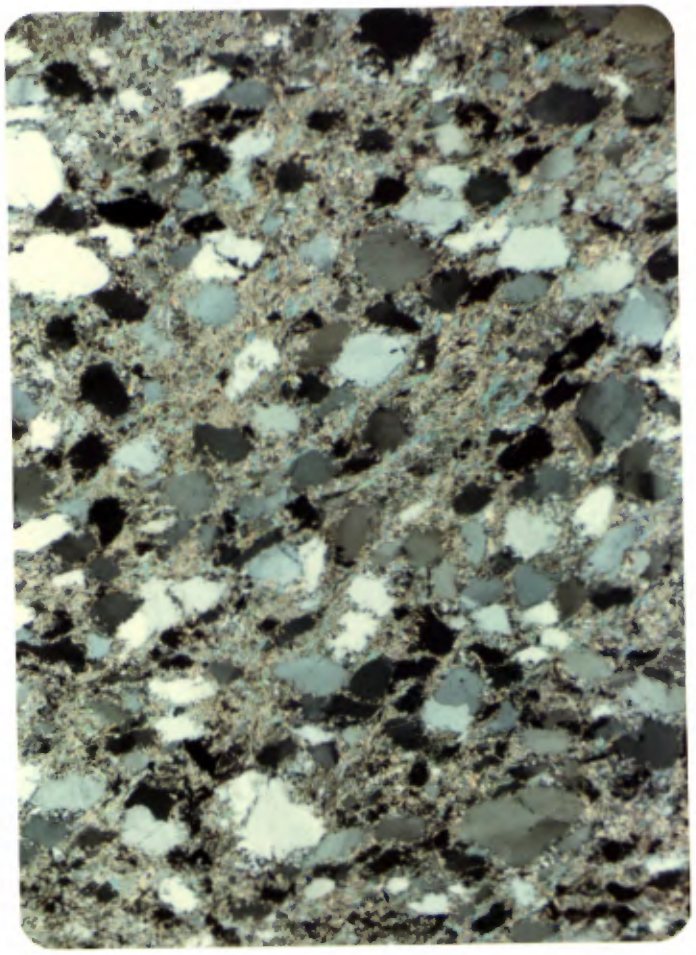


Figure 3: Microphotographie en lumière polarisée d'un wacke quartzeux, de la Foramtion de Pinnacle. Dimension maximum des grains de quartz: 5mm. L'échantillon provient d'un affleurement dont les coordonnées UTM sont 5067500 mN et 410500 mE.

017

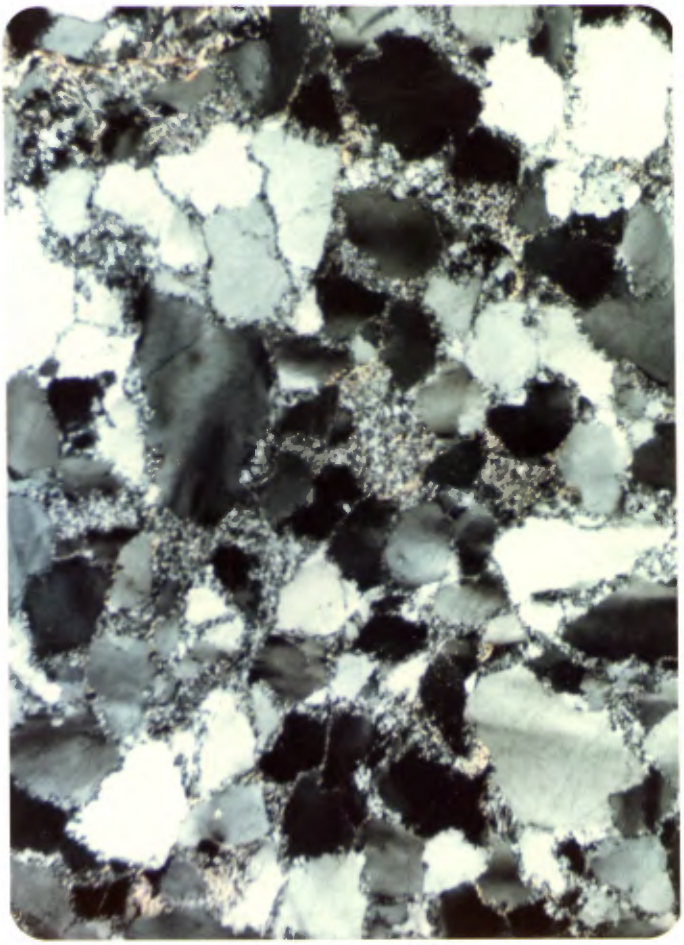


Figure 4: Microphotographie en lumière polarisée d'une arénite quartzeuse de la Formation de Pinnacle. Dimension maximum des grains de quartz: 7mm. L'affleurement d'où provient cet échantillon possède les coordonnées suivantes: 5066400 mN et 408700 mE

Ce travail stratigraphique a été réalisé en collaboration avec un étudiant de premier cycle, monsieur Maurice Colpron, dans le cadre d'un projet de fin d'étude à l'UQAM.

2.1.4 Formation de Gilman

La Formation de Gilman décrite par Cooke (1952), dans la région de Richmond correspond à la Formation de Freligshburg de Charbonneau (1980). Il s'agit de phyllades vertes constituées de grains de quartz, feldspath et plagioclase de la dimension des silts dans une matrice à chlorite, séricite. Les plans de stratification sont le plus souvent découpés en lentilles allongées parallèlement à la schistosité ce qui donne une apparence tachetée à la roche. Près de la base ainsi qu'au sommet de la Formation la stratification, soulignée par des variations granulométriques et la présence occasionnelle de carbonates, est parfois conservée. Elle est alors fortement plissée.

2.1.5 Formation de Dunham

Dans la séquence stratigraphique du "Oak Hill slice" (Clark, 1936) la Formation de Dunham désigne une unité dolomitique située au-dessus du Gilman. Au SE de St-Armand Centre près de la frontière américaine, Clark (1936) rapporte que les dolomies grises du Dunham contiennent des trilobites de la famille des Mesonacidae, du Cambrien inférieur.

Dans la région de Richmond, nous avons identifié, au dessus de la Formation de Gilman, une unité gréso-dolomitique dont la composition varie d'une dolomie gréseuse à un grès grossier dolomitique, gris-bleu, à altération chamois. Nous corrélons cette unité avec la Formation de Dunham bien que l'absence de fossile ne permette pas pour le moment, de lui assigner un âge précis. Les analyses chimiques dont nous disposons actuellement illustrent l'appauvrissement en SiO_2, Al_2O_3 et Fe_2O_3 de ces roches et leur enrichissement en MgO, CaO et CO_2, (annexe, échantillons 98507-85, 98508-85, 98509-85).

2.1.6 Formation de Sweetsburg

La Formation de Sweetsburg est composée essentiellement de phyllades noires interstratifiées avec des lits de grès fins. Les variations lithologiques à l'intérieur de cette unité correspondent à des changements dans la proportion relative des grès et des phyllades. Lorsque la séquence stratigraphique est complète le passage entre les Formations de Gilman, de Dunham et de Sweetsburg est concordant et graduel. Par conséquent, lorsque le Sweetsburg est directement en contact avec le Gilman, ce contact est vraisemblablement faillé.

Au sommet de la Formation de Sweetsburg apparaissent des lits calcaires. La proportion de calcaire augmente progressivement ce qui suggère un contact normal avec la Formation de Melbourne susjacente.

2.1.7 Formation de Melbourne

La Formation de Melbourne décrite dans la région de Richmond comme un calcaire cristallin graphiteux (Cooke, 1952), ne possède pas une grande extension latérale. Cependant elle affleure assez bien dans la partie E de la carte 31H9-200-0202. Cette Formation n'apparaît pas près de Sutton où se trouvent les localités-types du Groupe d'Oak Hill. Son absence remarquée explique l'hésitation

exprimée par certains géologues à reconnaitre la Formation de Melbourne comme partie intégrante du Groupe d'Oak Hill.

En lame mince, la roche est constituée de plages de calcite recristallisée entourant des grains de quartz et feldspaths également recristallisés, montrant de nombreuses jonctions triples. Le graphite et la séricite définissent les plans de schistosité. La concentration des minéraux détritiques définit le litage. Ces lits sont fortement plissés et boudinés, la Formation de Melbourne affleurant dans la zone de charniére d'une structure majeure de 2ème phase, l'antiforme de St-Etienne (de Romer, 1961).

2.2 Groupe de Caldwell

Le Groupe de Caldwell a été décrit en Beauce par Mackay (1921). Il a été reconnu dans notre secteur par Cooke (1952). Il forme alors une bande étroite de crêtes rocheuses orientées au NE, coincées entre les Formations de Gilman, Sweetsburg et Melbourne d'une part, et la ligne Brompton-Baie Verte d'autre part.

Le Groupe de Caldwell est formé surtout de grauwacke feldspathique à patine beige, vert en cassure fraîche. Les strates sont caractérisées par un granoclassement normal bien développé. Sur les affleurements plats l'érosion fait fréquemment ressortir en relief positif les contacts nets à la base des strates.

L'épaisseur des strates dépasse rarement 1 mètre.

En lame mince, ces roches sont constituées de fragments quartzeux mono et polycristallins, de feldspaths et de plagioclases dans une matrice à séricite et chlorite, qui constitue à elle seule 20% à 30% de la roche. Les phénocristaux mal triés, sont sub-anguleux, sub-arrondis ou arrondis. Plusieurs d'entre eux possèdent une sphéricité élevée.

Nous avons également trouvé à l'occasion, quelques fragments de roche, surtout des siltstones provenant vraisemblablement de l'érosion de strates sousjacentes.

Il semble exister des couloirs de déformation dans les roches du Groupe de Caldwell. En effet, ces roches stratifiées, granoclassées, peu déformées, alternent fréquemment avec des zones plissées, faillées et injectées de veines de quartz. La stratification est complètement oblitérée ou alors extrèmement plissée, comme le démontrent les affleurements exceptionnels situés sur une propriété privée du rang Smith, 4,6km à l'E de Richmond.

Occasionnellement des phyllades mauves, vertes, bleues et noires affleurent au milieu des grauwackes. Elles forment des bandes discontinues difficiles à suivre latéralement. Immédiatement au N de notre région 2,5km au S de Danville, les

phyllades vertes et mauves qui alleurent en bordure de la rivière Danville sur une distance EW de 300m, ont été assignées au Groupe de Caldwell par Globensky (1978).

2.3 Complexe ophiolitique d'Asbestos

Le Complexe ophiolitique d'Asbestos représente le prolongement SW de celui de Thetford Mines (Lamarche, 1972). Lamarche (1973), a cartographié le complexe ophiolitique d'Asbestos au 1:15,840 depuis le petit Mont Ham au NE, jusqu'au Lac Bowker au SW, soit une distance de plus de 55km. Il a distingué 14 types de roches ignées ultramafiques à felsiques. Certaines unités sont minéralisées en amiante, en chrome et en fer. Ces roches sont interprétées comme des fragments d'une croûte océanique obductée sur le continent nord-américain lors de l'orogénèse taconique. Sur notre territoire le complexe ophiolitique d'Asbestos forme une ceinture étroite orientée NE-SW, coincée entre le Groupe de Caldwell à l'W et la Formation de St-Daniel, à l'E. Sa présence nous permet de localiser la ligne Brompton-Baie Verte (BB), qui limite notre carte au SE. Sur environ 1000km, la ligne BB (Williams et St-Julien, 1982), occupe la même position relativement aux roches cambro-ordoviciennes. Elle sépare l'ancienne marge continentale paléozoique à l'W, du domaine océanique à l'E.

2.4 Groupe de Stanbridge

Dans le travail de synthèse publié par St-Julien et Hubert (1975), le Groupe de Stanbridge est associé aux nappes de gravité du domaine externe des Appalaches du Québec. Le Groupe de Stanbridge fut décrit de façon détaillée (Charbonneau, 1980) dans la région de Sutton. Des roches similaires ont été reconnues par Cooke (1952), dans la région de Richmond.

Nous avons identifié 2 lithologies principales à l'intérieur de ce Groupe: des calcaires gréseux et des siltstones laminés. Les calcaires gréseux légèrement graphiteux et parfois laminés sont partiellement recristallisés. Les laminations proviennent de concentrations de quartz et plagioclase à grain fin.

Des conglomérats calcaires non-jointifs forment des horizons lenticulaires au milieu des calcaires. Il s'agit vraisemblablement de conglomérats intraformationnels; les fragments sub-arrondis étant tous de la même nature que les calcaires gréseux. La matrice calcaire de ces conglomérats est totalement recristallisée.

Les siltstones noirs laminés contiennent des lits de grès fin fréquemment démembrés. Lorsque la roche est trés déformée, elle se transforme en phyllade contenant des fragments gréseux et calcaires

pouvant atteindre 20cm de diamètre. De telles roches ont été observées près du contact avec le Groupe d'Oak Hill, le long de la route 55, 400m au NW de la riviére Ulverton.

La minéralisation aurifère décrite dans le chapitre traitant de la géologie économique, provient du même site. La roche y est tellement déformée que même les contours des fragments sont difficilement discernables à l'oeil nu.

2.5 Formation de St-Daniel

La Formation de St-Daniel se trouve à l'E du complexe ophiolitique d'Asbestos. Les limites reproduites sur notre carte sont celles de Lamarche (1973). Nous avons rencontré quelques affleurements assignés à cette Formation le long des chemins Pinnacle et Perkins. Ces affleurements sont situés à proximité immédiate du complexe ophiolitique. Il s'agit de slate bleu très foncé, contenant des fragments de roches de toutes tailles et de compositions variables. Les plus courants sont des fragments de slate vert et noir. Les plus gros blocs, supérieurs à 100m, pourraient dériver des grauwackes feldspathiques du Groupe de Caldwell. Les blocs décimétriques de dolomie gréseuse en relief positif sur les affleurements plats, proviennent vraisemblablement du Groupe d'Oak Hill.

3- TECTONIQUE

3.1 Traits structuraux régionaux

L'anticlinorium des Monts Sutton et son prolongement, le "Green Mountain anticlinorium" représentent un trait géologique dominant des Appalaches du Québec et du Vermont (figure 5). Deux structures importantes constituent cet anticlinorium: l'anticlinal du Mont Pinnacle et l'antiforme de St-Etienne.

L'anticlinal du Mont Pinnacle (Clark et Eakins, 1968) est appelé également "Tibbit Hill anticline" (Rickard, 1965; Cooke, 1952), "Enosburg Falls anticline" (Osberg, 1965) et "Western anticline" (Kumarapeli et al, 1981). Il s'agit d'un anticlinal à double plongée, orienté N 027\.

L'anticlinal du Mont Pinnacle est reconnu au Québec, sur une distance de 100km. Il se termine près de Danville, comté de Drummond, 20km au NE de Richmond (figure 5). Les Formations du Groupe d'Oak Hill définissent alors une charnière de pli anticlinal, déversé au SE et plongeant faiblement au NE (Cooke, 1952; Osberg, 1965; Globensky, 1978). Le déversement apparent de ce pli majeur vers le SE nous pose un problème d'interprétation car il cadre mal avec le modèle tectonique régional (Keppie et al,

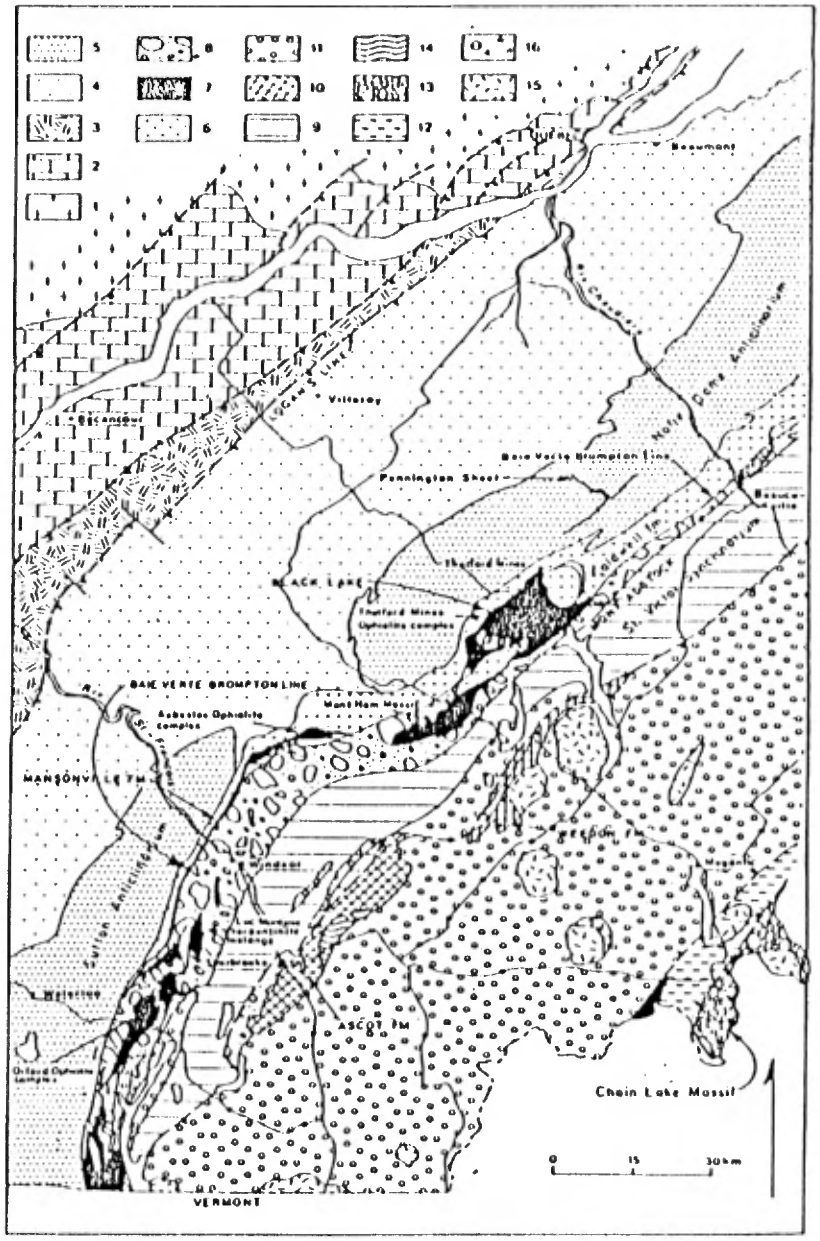


Figure 5: Carte géologique régionale localisant l'anticlinorium des Monts Sutton, à l'ouest de la ligne Brompton-Baie verte (Williams et St-Julien, 1982).

1982) qui implique un transport tectonique général du SE vers le NW. Le déversement de ce pli au SE pourrait être le résultat d'une déformation antérieure au transport. Toutefois nous n'avons jusqu'à présent observé aucun élément structural majeur que nous pourrions relier de façon certaine au transport vers le NW.

L'antiforme de St-Etienne (de Romer, 1961) équivaut au "Axial anticline" de Cady (1960). Orientée N 015\ et très légèrement déjetée au NW, cette structure antiforme plonge à environ 30\ dans une direction N 005\ (de Romer, 1961). Le plan de référence qui définit cette structure correspond à la schistosité de plan axial associée à l'anticlinal du Mont Pinnacle. C'est le plissement de cette schistosité qui constitue l'antiforme de St-Etienne (figure 6).

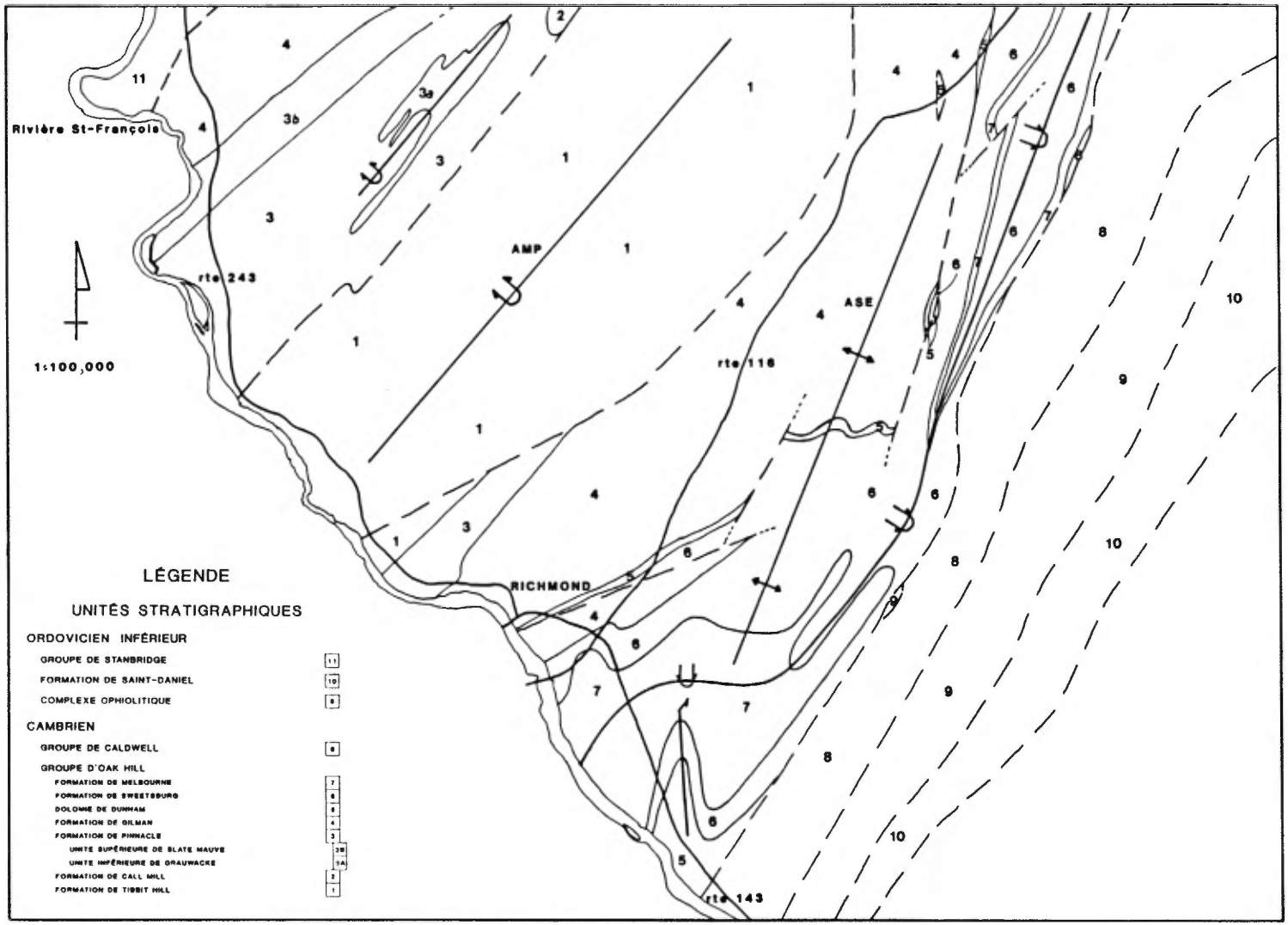


Figure 6: Carte géologique schématique de Richmond, dressée suite à nos travaux de l'été 1985. AMP: anticlinal du Mont Pinnacle, ASE: antiforme de St-Etienne.

3.2 Interprétation structurale

3.2.1 Présentation des éléments structuraux

3.2.1.1 Eléments structuraux planaires

S_0 : plan de stratification
contact lithologique

S_1 : plan de schistosité de première génération
lamination métamorphique
clivage anastomosé

S_2 : plan de schistosité de deuxième génération
clivage de crénulation plissant S_1

S_3 : plan de schistosité de troisième génération
clivage de crénulation plissant S_1 et S_2

P_1, P_2, P_3: plis mésoscopiques et mégascopiques dont les plans axiaux sont parallèles à S_1, S_2 ou S_3.

Nous n'assignons pas de symbole particulier aux failles, aux joints et aux veines.

3.2.1.2 Eléments structuraux linéaires:

B_1^0:

axe de pli P_1 plissant S_0

linéation d'intersection entre S_0 et S_1

B_2^0, B_2^1:

axe de pli P_2 plissant S_0 ou S_1

linéation d'intersection entre S_0 et S_2

S_1 et S_2

B_3^0, B_3^1, B_3^2:

axe de pli P_3 plissant S_0, S_1 ou S_2

linéation d'intersection entre S_0 et S_3

S_1 et S_3

S_2 et S_3

Nous avons également relevé des linéations minérales, l'allongement des vésicules des schistes volcaniques, des stries de faille ainsi que des stries glaciaires.

3.2.2 Présentation des domaines structuraux

Nous avons distingué 3 domaines structuraux homogénes relativement à la schistosité de plan axial S_1 (figure 7). Pour chacun de ces domaines, nous présentons les patrons de dispersion des éléments structuraux planaires et linéaires décrits précédemment (figure 8). Lorsque nous disposons de 25 mesures et plus pour 1 élément structural donné, les stéréogrammes montrent la dispersion des mesures sous forme de contours de densité. Lorsque nous avons moins de 25 mesures, nous n'avons pas tracé de contours de densité. Chaque mesure est alors localisée par un point. Il est à noter également que tous les plans sont représentés par leurs pôles.

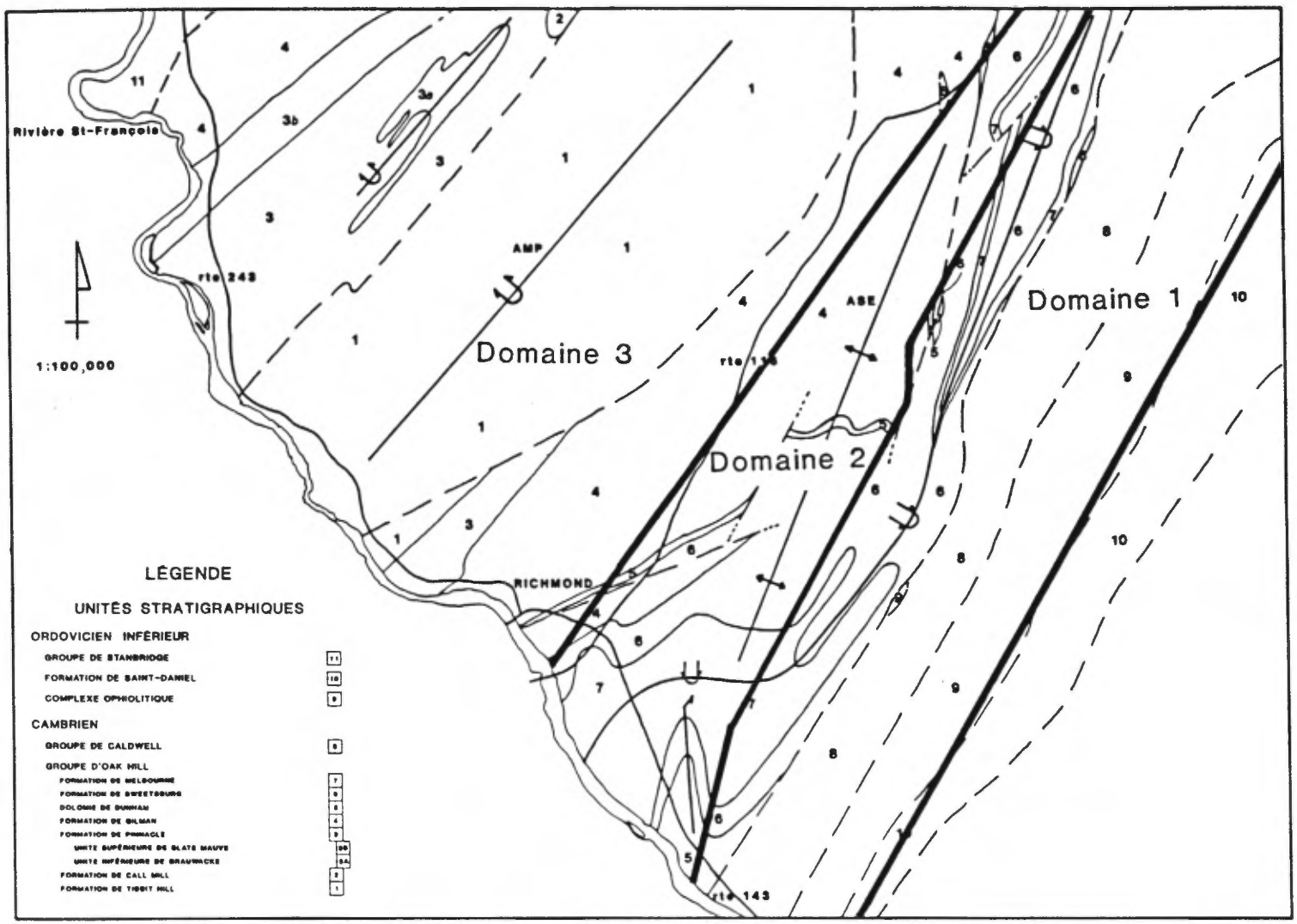


Figure 7: Carte de localisation des domaines structuraux.

3.2.3 Analyse des donnés structurales et stéréographiques

DOMAINE 1:

Le domaine 1 représente le flanc SE de l'antiforme de St-Etienne. Les stéréogrammes des plans S_o et S_1 font ressortir un patron similaire. Le stéréogramme des S_1 défini une concentration des mesures autour d'un maximum qui représente un plan orienté N 025°70°. L'amorce de ceinture suggère une réorientation de S_1 par plissement autour d'un axe faiblement incliné vers le NE. Cette amorce de ceinture contraste avec la concentration-point des mesures de S_2 autour d'un plan moyen orienté N 230°70°. Les linéations B_1^o, B_2^o, B_2^1 présentent des patrons de dispersion qui suggèrent à tout le moins une amorce de dispersion sur un grand cercle.

On peut aisément attribuer la dispersion des B_1^o, à l'influence de la deuxième déformation P_2, qui a formée l'antiforme de St-Etienne et la schistosité S_2. Toutefois, le plissement P_2 n'explique pas la dispersion des B_2^1 que l'on doit attribuer à une troisième déformation. Nous avons donc cherché et trouvé des évidences d'une troisième phase de déformation ductile. Il s'agit de linéations B_3^1 produites par la crénulation des plans S_1 sous l'influence d'une schistosité S_3 orientée au NW (figure 9). Toutefois l'influence de cette troisième déformation ne semble pas

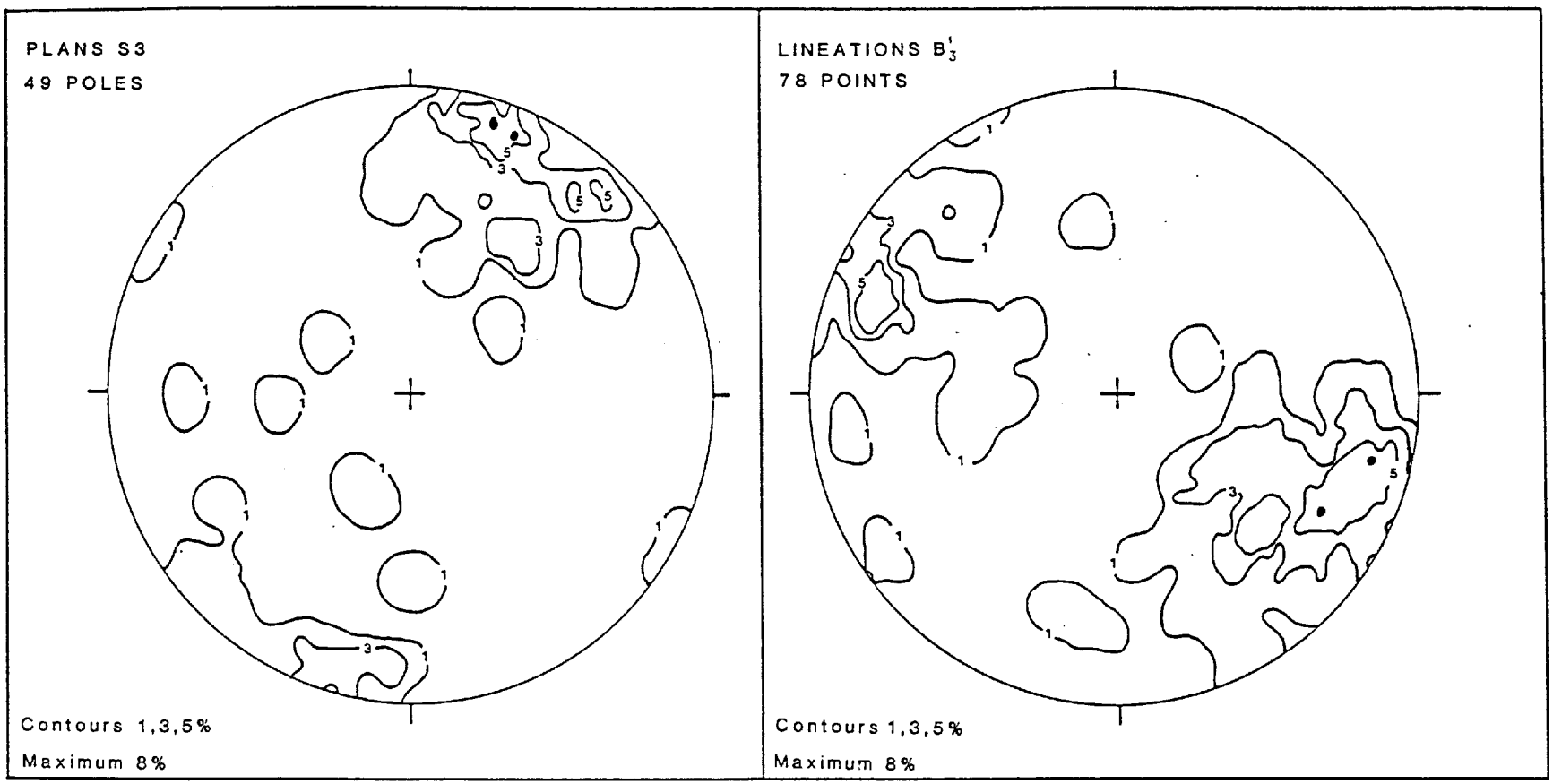


Figure 9: Stéréogrammes des plans de schistosités S_3 et des linéations B_3^1 mesurés durant l'été 1985.

déterminante car elle ne réoriente pas nos unités lithologiques.

Par conséquent, nous sommes réticents à attribuer la dispersion des B_{2}^{1} à une déformation ductile tardive, d'autant plus que les linéations B_{2}^{1} ne sont pas réorientées dans la zone de charnière de l'antiforme de St-Etienne.

De plus, le contact faillé entre les Groupes de Caldwell et d'Oak Hill recoupe le flanc SE de l'anticlinal de St-Etienne. A proximité de ce contact nous avons relevé des plis mineurs P_1, P_2 et P_3, reclinés alors que les plis mineurs sont généralement conformes aux plis régionaux fortement pentés et faiblement plongeants au NE (figure 10). Il est donc possible que les linéations B_{2}^{1} subissent localement une réorientation, par rotation sur un plan de faille, ou à proximité immédiate d'une zone de cisaillement.

DOMAINE 2:

Le domaine 2 est limité à la zone de charnière de l'antiforme de St-Etienne. Les stéréogrammes des plans S_0 et S_1 définissent une ceinture de dispersion autout d'un axe faiblement plongeant au NE qui coincide avec la concentration-point des linéations B_{2}^{1} orientées N 036°15°. Les plans de schistosité S_2 orientés N 214°90° sont plus fortement pentés que ceux du domaine 1. Les

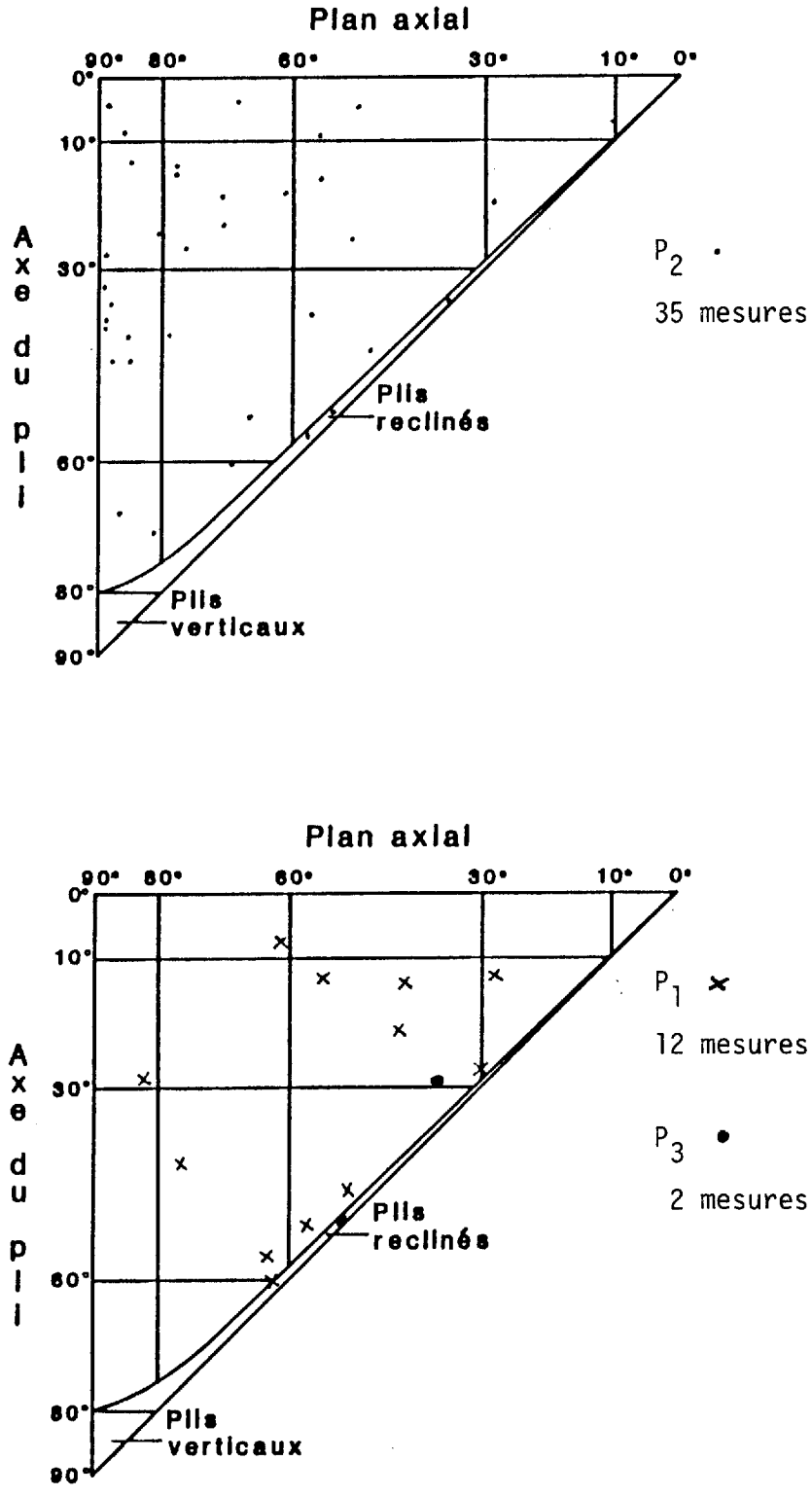


Figure 10: Classification des plis mineurs, selon Fleuty (1964).

linéations B_1^o, montrent une amorce de dispersion sur un grand cercle. La concentration-point des linéations B_2^1 permet de définir une orientation préférentielle à N 106°14°.

DOMAINE 3:

Le domaine 3, très vaste, englobe tout le secteur situé au NW de la zone de charnière de l'antiforme de St-Etienne. Il inclut une structure majeure de première phase, l'anticlinal du Mont Pinnacle. Dans les limites de ce domaine, l'interprétation des stéréogrammes de S_o et de S_1 est différente et complémentaire. Le patron de dispersion des plans S_o sur une ceinture, fait ressortir le plissement de première phase. S_o est plissé autour d'un axe B_1^o faiblement plongeant au SW. Cette conclusion est appuyée par le stéréogramme des linéations B_1^o.

Les plans de schistosité S1 présentent plutôt une concentration point autour d'un maximum orienté N 250°60\, parallèle au plan axial de l'anticlinal du Mont Pinnacle.

Le stéréogramme des plans de schistosité S2 est particulier à ce domaine en ce sens qu'il définit 2 concentration-points.Le maximum principal orienté N 216°90\ correspond à l'attitude retrouvée dans le domaine 2. Le maximum secondaire est orienté N 293\74\. Ce déplacement des plans S2 s'accompagne d'un changement

d'orientation des linéations B_2^1. Les linéations B_2^1 plongent alors fortement vers le NW. Cette observation nous intrigue d'autant plus qu'actuellement nous ne possédons pas d'explication cohérente de ce phénomène.

En résumé, l'analyse structurale du secteur permet de distinguer 2 phases de plissement majeures, à l'intérieur du Groupe d'Oak Hill. Ces plissements sont associés à la formation de structures régionales sub-parallèles, l'anticlinal du Mont Pinnacle et l'antiforme de St-Etienne. Le relevé systématique des plis mineurs a permis également de mettre en évidence l'existence de plis reclinés vraisemblablement localisés à proximité de zones faillées, à l'intérieur même du Groupe d'Oak Hill, en particulier à proximité du contact avec le Groupe de Caldwell. Une étude plus poussée de ces plis reclinés nous permettra éventuellement de préciser la nature du contact entre les Groupes d'Oak Hill et de Caldwell. Nous savons déjà que la déformation des roches du Groupe de Caldwell est concentrée dans des zones fortement cisaillées, mais nous ignorons pour le moment le sens du mouvement.

Notre étude stéréographique des éléments structuraux soulève également une interrogation concernant la dispersion des plans de schistosité S_2 et des linéations B_2^1, dans le domaine 3.

4- METAMORPHISME

Les assemblages minéralogiques reconnus à l'intérieur des formations du Groupe d'Oak Hill contiennent fréquemment les minéraux suivants: quartz, albite, muscovite (séricite), chlorite, épidote, minéraux opaques et rarement stilpnomélane et biotite. Ces assemblages ne permettent pas de quantifier les conditions de pression et de température du métamorphisme.

La crossite identifiée dans les roches volcaniques du Tibbit Hill de la région de Richmond par Trzcienski (1976), suggère un métamorphisme du type schiste bleu, i.e haute pression et basse température. Le contenu en sodium de la crossite permet en outre de fixer une pression de formation entre 6 et 7 kilobars (Trzcienski, 1976).

Dans la Formation sédimentaire de Pinnacle à proximité des roches volcaniques du Tibbit Hill, on rencontre fréquemment un autre type de minéral métamorphique, le chloritoide. Ce minéral est un mauvais indicateur de pression car il existe entre 1,5 et 7 kbars (Seidel, 1975). Par contre sa présence définit une température de métamorphisme entre 400°C et 450°C (Seidel, 1975; Liou et Chen, 1978). En première approximation, nous pouvons donc considérer que le métamorphisme qui a affecté les roches du Groupe d'Oak Hill a eu lieu à une température de 400° à 450°C, sous une pression de 6 ou 7 kilobars.

5- GEOLOGIE ECONOMIQUE

Historiquement, la région est connue pour ses nombreux indices de cuivre associés particulièrement aux Formations de Tibbit Hill et de Pinnacle (Waddington, 1969). Dans la conjoncture actuelle, cette minéralisation est peu susceptible d'intéresser les compagnies d'exploration minière. Toutefois des analyses récentes (Gauthier, 1985), font ressortir une association entre la minéralisation en cuivre (Cu) et la présence d'argent (Ag). Nous avons nous-même reçu récemment un résultat d'analyse qui confirme les conclusions de Gauthier (1985), concernant l'association Cu-Ag dans les roches du Groupe d'Oak Hill (annexe, échantillon 84-96 948). L'échantillon analysé titre 0,42% Cu et 1,6g/t Ag. Nous croyons que la présence d'Ag avec le Cu ouvre des possibilités d'exploration encore inexploitées.

Nos échantillons de dolomies gréseuses du Dunham analysés pour le plomb (Pb) et le zinc (Zn) n'ont pas donné de résultat; les meilleures valeurs étant 302 PPm Zn et 79 PPm Pb (annexe, échantillons 98 507-85, 98 508-85, 98 509-85).

Par contre, une analyse effectuée sur une phyllade noire minéralisée en pyrite indique 490 PPb soit 0.5g/t Au, ce qui est

nettement anomalique dans un secteur où le "bruit de fond" est inférieur à 15PPb (annexe, échantillon 84-96 947). Sur le site d'échantillonnage, situé en bordure de la route 55, 400m au NW de la rivière Ulverton les phyllades noires, très déformées, alternent avec des calcaires gris légèrement graphiteux. Ces roches sont attribuées au Groupe de Stanbridge.

REFERENCES

AGGARWAL, P.L., FUJII, T., NESBITT, B.E., 1984 "Magmatic composition and tectonic setting of altered, volcanic rocks of the Fennell Formation, British Columbia", Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 21, p. 745-752

AMBROSE, G.W., 1943 "Preliminary map, Stanstead, Stanstead and Brome counties, Quebec", Geological Survey of Canada, paper 43-12

BOOTH, V.H. 1950 "Stratigraphy and structure of the Oak Hill succession in Vermont", Geological Society of America Bulletin, vol. 61, p. 1131-1168.

BOUCHER,M., 1984 Minéralisation plombo-zincifère de la région de Dunham, Ministère Energie et Ressources, Québec, DP 84-07, carte annotée

CADY, W.M., 1960 "Stratigraphic and geotectonic relationships in Northern Vermont and Southern Quebec", Geological Society of America Bulletin, vol.71, p. 531-567.

CADY, W.M., 1969 "Regional tectonic synthesis of northwestern New-England and adjacent Quebec", Geological Society of America, Memoir 120, 181 p.

CARTER, G.F.E., 1954 The Dunham dolomite near St-Armand, Quebec, Thèse de maftrise, Université McGill, 42 p.

CHARBONNEAU, J.M., 1980 Région de Sutton (W), Ministère de l'Energie et des Ressources, DPV. 681, 89 p.

CLARK, T.H., 1934 "Structure and stratigraphy of Southern Quebec", Geological Society of America Bulletin, Vol. 45, p. 1-20

CLARK, T.H., 1936 "A lower Cambrian series from Southern Quebec", Royal Canadian Institute Transactions, vol.21, pt 1, p. 135-151.

CLARK, T.H., EAKINS, P.R., 1968 "The Stratigraphy and structure of the Sutton area of Southern Quebec", in Tectonics of the Appalachians, Northern and Maritimes; ed. by Zen, White, Hadley, Thompson, Wiley, Interscience, New York, p. 163-173.

CLARK, T.H., MC GERRIGLE, H.W., 1944 "Oak Hill series, Farnham series and Philipsburg series", in Geology of Quebec, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, RG-20, vol.2, p. 386-407.

COISH, R.A., FLEMING, F.S., LARSEN, M., POYNER, R., SEIBERT, J., 1985 "Early rift history of the proto-Atlantic ocean: geochemical evidence from metavolcanic rocks in Vermont"., American Journal of Science, Vol. 285, p. 351-378.

COOKE, H.C., 1952 Geology of parts of Richmond and Drummondville map-areas, Eastern Townships, Quebec, Ministère des Richesses Naturelles, D.P. 467, 45 p.

COOKE, H.C., 1954 "The Green Mountain anticlinorium in Quebec", Association Géologique du Canada, Proceedings, vol.6, partie 2, p. 37-48.

COOKE, H.C., EAKINS, P.R., TIPHANE, M., 1962 Sherfford map-area, Shefford and Brome counties, Eastern Townships of Quebec, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, D.P 187, 145 p.

DE ROMER, H.S., 1961 "Structural elements in Southeastern Quebec, Northwestern Appalachians, Canada", Geologische Rundchau. vol. 51, p. 268-280.

DENNIS, J.G., 1964 "The Geology of The Enosburg area, Vermont", Vermont Development Department, Bulletin 23, 56 p.

DOLL, C.G., CADY, W.M., THOMPSON, J.B., JR. BILLINGS, M.P., 1961 Centennial geological map of Vermont, Vermont Geological Survey.

DRESSER, J.A., DENIS, T.C., 1944 "Geology of Quebec, volume 2, descriptive geology", Quebec Department of Mines, Report 20, p. 292-364.

EAKINS, P.R., 1964 "Sutton map-area, Quebec", Geological Survey of Canada, Paper 63-34, 3p.

ELLS, R.W., 1887 "Rapport sur une portion de la province de Québec figurant dans la feuille sud-ouest des Cantons de l'Est", Commission géologique du Canada, rapport annuel 1894, Vol.7, p. 5j-103j, 126j-170j et carte 571.

FLEUTY, M.J., 1964 "The description of folds", Proceedings of the Geologists Association, vol.75, p. 461-492

FORTIER, Y.O., 1946 Geology of the Orford area, Quebec, Ph.D. thesis, Stanford University, 248 p.

GAUTHIER, M, 1985 Synthèse métallogénique de l'Estrie et de la Beauce (secteur sud), Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, MB 85-20, 74 p.

GLOBENSKY, Y., 1978 Région de Drummondville, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, R.G. 192, 106 p.

HARVIE, R., 1914 "Geology of the Orford map-area, and the Southern part of the "serpentine belt", Potton Township, Quebec", Geological Survey of Canada, Summary Report, Deparment of Mines, p. 212-216.

KEPPIE, J.D., et al , 1982 Structural map of the Appalachian Orogen in Canada, Memorial University of Newfoundland, map no.4, scale 1:2,000,000

KUMARAPELI, P.S., GOODACRE, A.K., THOMAS, M.D., 1981 "Gravity and magnetic anomalies of the Sutton mountains region, Quebec and Vermont: expression of rift volcanics related to the opening of Iapetus", Canadian Journal of Earth Sciences, vol.18, p. 680-693.

LAMARCHE, R.Y. 1972 "Ophiolites of Southern Quebec", in The ancient oceanic lithosphere, vol.42, N\3, p. 65-69

LAMARCHE, R.Y., 1973 Géologie du complexe ophiolitique d'Asbestos, Cantons de l'Est, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, GM 28558, 9p.

LAURENT, R., HEBERT, R., HEBERT, Y., 1979 "Tectonic setting and petrological features of the Quebec Appalachian Ophiolites", in Malpas, J., and Talkington, R.W., ed., Ophiolites of the Canadian Appalachians and Soviet Urals, Memorial University of Newfoundland, Geology Department, Report 8, p. 53-77.

LIOU, J.G., CHEN, P.Y., 1978 "Chemistry and origin of chloritoid rocks from Eastern Taiwan", Lithos, vol.11, p. 175-187

LOGAN, W.E. 1849 "Examen de la contrée du sud du St-Laurent qui s'étend des environs de Montréal et du Lac Champlain à la rivière Chaudière", Commission Géologique du Canada, Rapport de progrès 1847-1848, p. 5-916.

MACKAY, B.R., 1921 "Beauceville map-area, Quebec", Canada Geological survey Memoir 127, 105 p.

MARQUIS, R., 1984 Stratigraphie et structure du Groupe d'Oak Hill dans la région de Richmond (comtés de Richmond et Drummond), Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, DP 84-56, carte annotée

MARQUIS, R., 1985 Géologie de la région de Richmond cantons de Melbourne et Dunham (comtés de Richmond et Drummond), Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, MB 85-30, 64 p.

OSBERG, P.H., 1965 "Structural geology of the Knowlton-Richmond area, Quebec", Geological Society of America Bulletin, vol.76, p. 223-250.

OSBERG, P.H., 1967 "Lower paleozoic stratigraphy and structural geology, Green Mountain-Sutton Mountain anticlinorium, Vermont and Southern Quebec", American Association of Petroleum Geologist, Symposium, Memoir 12.

PINTSON, H., KUMARAPELI, P.S., MORENCY, M., 1985 "Tectonic significance of the Tibbit Hill volcanics, geochemical evidence from Richmond area, Quebec", in Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 85-1A, p. 123-130.

RICKARD, M.J., 1965 "Taconic orogeny in the Western Appalachians, experimental application of microtextural studies to isotopic dating", Geological Society of America Bulletin, vol. 76, p. 523-536.

ST-JULIEN, P., HUBERT, C., 1975 "Evolution of the Taconian Orogen in the Quebec Appalachians", American Journal of Science, 275 A, p. 337-362.

SEIDEL, E., OKRUSH, M., 1975 "Chloritoid-bearing metapelites associated with glaucophane rocks in Western Crete, Greece," Contribution to Mineralogy and Petrology, vol. 49, p. 105-115.

SELWYN, A.R.C., 1883. "Notes on the geology of the Southeastern portion of the province of Quebec", Geological survey of Canada progress report 1880-1881-1882, part A, p. 1-7.

TRZCIENSKY, W.E., 1976. "Crossitic amphibole and its possible tectonic significance in the Richmond area, Southeastern Quebec, Canadian Journal of Earth Science, vol. 13, p. 711-714.

WADDINGTON, G.W., 1969, Le cuivre au Québec, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, Etude spéciale 4, 388 p.

WILLIAMS, H., ST-JULIEN, P., 1982 "The Baie Verte-Brompton line: early paleozoic continent-ocean interface in the canadian Appalachians", in Major structural zones and faults of the Northern Appalachians, P. St-Julien and J. Béland ed., GAC special paper 24, p. 177-207.

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Carte de localisation géographique

Figure 2: Formation de Pinnacle, grauwacke lithique

Figure 3: Formation de Pinnacle, wacke quartzeux

Figure 4: Formation de Pinnacle, arénite quartzeuse

Figure 5: Carte géologique régionale (William & St-Julien, 1982)

Figure 6: Carte géologique schématique de Richmond (1:100,000)

Figure 7: Carte de localisation des domaines structuraux

Figure 8: Stéréogrammes des domaines structuraux

Figure 9: Stéréogrammes des plans de schistosité s_s et des linéations B^1_s

Figure 10: Calssification des plis mineurs (Fleuty, 1964)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Travaux antérieurs (Marquis, 1985)

Tableau 2: Corrélations stratigraphiques régionales (Marquis, 1985)

Tableau 3: Séquence stratigraphique à l'intérieur de la Formation de Pinnacle

ANNEXE

Analyses chimiques disponibles au 1er avril 1986

RESULTAT

DESIGNATION	84-96946 GEOL.	84-96947 GEOL.	84-96948 GEOL.	84-96949 GEOL.
NO.LABORATOIRE	84-022042	84-022043	84-022044	84-022045
SiO2	72,4 %	22,0 %	54,3 %	50,4 %
Al2O3	13,8 %	5,68 %	23,1 %	6,39 %
Fe2O3t	4,32 %	10,3 %	5,45 %	15,1 %
MgO	0,48 %	2,72 %	2,18 %	1,51 %
CaO	0,16 %	29,5 %	1,67 %	9,20 %
Na2O	1,99 %	0,33 %	1,72 %	0,86 %
K2O	3,97 %	2,15 %	5,49 %	1,40 %
TiO2	0,94 %	0,50 %	1,30 %	0,28 %
MnO	<0,01 %	0,26 %	0,14 %	0,02 %
P2O5	0,12 %	0,15 %	0,36 %	0,18 %
S	0,86 %	5,52 %	0,07 %	8,44 %
PAF	2,28 %	24,4 %	3,66 %	12,3 %
Ba	367 ppm	289 ppm	709 ppm	43 ppm
Be	2 ppm	2 ppm	3 ppm	1 ppm
Cd	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm	2 ppm
Ce	66 ppm	52 ppm	92 ppm	41 ppm
Co	81 ppm	21 ppm	29 ppm	35 ppm
Cr	20 ppm	5 ppm	31 ppm	47 ppm
Cu	92 ppm	68 ppm	0,42 %	186 ppm
Dy	2 ppm	5 ppm	13 ppm	2 ppm
Eu	<1 ppm	2 ppm	1 ppm	<1 ppm
La	32 ppm	61 ppm	55 ppm	33 ppm
Li	5 ppm	7 ppm	65 ppm	14 ppm
Mo	<4 ppm	<4 ppm	<4 ppm	<4 ppm
Nd	75 ppm	25 ppm	95 ppm	<25 ppm
Ni	27 ppm	16 ppm	46 ppm	132 ppm
Pb	89 ppm	38 ppm	48 ppm	56 ppm
Pr	<2 ppm	<2 ppm	<2 ppm	<2 ppm
Sc	12 ppm	9 ppm	22 ppm	7 ppm
Sm	4 ppm	<2 ppm	11 ppm	<2 ppm
Sr	38 ppm	0.13 %	140 ppm	611 ppm
Th	<5 ppm	<5 ppm	14 ppm	12 ppm
V	145 ppm	35 ppm	144 ppm	33 ppm
Y	14 ppm	25 ppm	59 ppm	8 ppm
Zn	6 ppm	<2 ppm	139 ppm	117 ppm
Ag	250 ppb	<250 ppb	1,6 g/t	250 ppb
Au	<15 ppb	490 ppb	43 ppb	47 ppb

RESULTAT

DESIGN:	98505-85		98506-85		98507-85		98508-85		98509-85	
NO.LAB:	85-016878		85-016879		85-016880		85-016881		85-016882	
SiO2	72,7	%	78,0	%	39,4	%	28,9	%	41,5	%
Al2O3	11,7	%	12,7	%	0,89	%	0,51	%	0,95	%
Fe2O3t	5,20	%	0,24	%	0,80	%	1,02	%	6,80	%
MgO	0,82	%	0,12	%	12,1	%	13,9	%	8,26	%
CaO	1,42	%	0,28	%	18,9	%	22,8	%	17,1	%
Na2O	3,71	%	7,34	%	<0,10	%	<0,10	%	0,47	%
K2O	1,82	%	0,04	%	0,36	%	0,20	%	<0,01	%
TiO2	1,20	%	0,04	%	0,05	%	0,05	%	0,05	%
MnO	0,07	%	<0,01	%	0,08	%	0,12	%	0,19	%
P2O5	0,14	%	0,01	%	0,07	%	0,02	%	0,16	%
PAF	1,24	%	0,20	%	26,3	%	31,9	%	21,4	%
Ba	789	ppm	64	ppm	273	ppm	64	ppm	25	ppm
Be	<1	ppm	1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Cd	<1	ppm	<1	ppm	3	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Ce	80	ppm	<2	ppm	12	ppm	6	ppm	15	ppm
Co	7	ppm	<3	ppm	<3	ppm	<3	ppm	<3	ppm
Cr	10	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
Cu	9	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Dy	1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Eu	2	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	2	ppm
La	46	ppm	3	ppm	7	ppm	4	ppm	9	ppm
Li	19	ppm	<1	ppm	2	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Mo	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm
Nd	115	ppm	<25	ppm	<25	ppm	25	ppm	<25	ppm
Ni	11	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Pb	38	ppm	18	ppm	29	ppm	13	ppm	79	ppm
Pr	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
Sc	11	ppm	2	ppm	1	ppm	<1	ppm	2	ppm
Sm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
V	74	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
Zn	65	ppm	<2	ppm	302	ppm	6	ppm	16	ppm
Ag	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm
Au	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb

* * * * * * * * * * * * * * * * * * * R E S U L T A T *

DESIGN:	98510-85		98511-85		98512-85		98513-85		98514-85	
NO.LAB:	85-016883		85-016884		85-016885		85-016886		85-016887	
SiO2	60,0	%	44,1	%	54,9	%	75,0	%	49,8	%
Al2O3	18,9	%	16,9	%	11,7	%	10,4	%	13,4	%
Fe2O3t	6,37	%	14,7	%	9,33	%	3,35	%	12,9	%
MgO	2,00	%	2,14	%	6,04	%	4,13	%	2,59	%
CaO	0,08	%	4,57	%	9,98	%	0,08	%	11,4	%
Na2O	1,79	%	0,73	%	5,00	%	3,83	%	3,01	%
K2O	5,59	%	7,79	%	0,03	%	0,51	%	0,29	%
TiO2	1,06	%	3,66	%	1,56	%	0,45	%	2,97	%
MnO	0,01	%	0,07	%	0,12	%	0,22	%	0,27	%
P2O5	0,07	%	1,68	%	0,08	%	<0,01	%	0,41	%
PAF	3,03	%	3,09	%	1,22	%	2,13	%	2,05	%
Ba	0,14	%	0,15	%	71	ppm	149	ppm	261	ppm
Be	2	ppm	2	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Cd	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Ce	120	ppm	217	ppm	9	ppm	37	ppm	73	ppm
Co	4	ppm	27	ppm	30	ppm	32	ppm	30	ppm
Cr	46	ppm	<2	ppm	97	ppm	22	ppm	22	ppm
Cu	6	ppm	96	ppm	68	ppm	397	ppm	73	ppm
Dy	<1	ppm	21	ppm	<1	ppm	<1	ppm	4	ppm
Eu	3	ppm	10	ppm	3	ppm	1	ppm	5	ppm
La	65	ppm	112	ppm	3	ppm	21	ppm	35	ppm
Li	88	ppm	8	ppm	8	ppm	36	ppm	<1	ppm
Mo	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm
Nd	125	ppm	395	ppm	125	ppm	35	ppm	265	ppm
Ni	14	ppm	<1	ppm	59	ppm	53	ppm	23	ppm
Pb	33	ppm	26	ppm	<12	ppm	20	ppm	17	ppm
Pr	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
Sc	20	ppm	35	ppm	67	ppm	11	ppm	33	ppm
Sm	<2	ppm	8	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
V	104	ppm	211	ppm	368	ppm	34	ppm	295	ppm
Zn	75	ppm	184	ppm	59	ppm	52	ppm	94	ppm
Ag	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm
Au	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb

058

RESULTAT

DESIGN:	98515-85		98516-85		98517-85		98518-85		98519-85	
NO.LAB:	85-016888		85-016889		85-016890		85-016891		85-016892	
SiO2	59,1	%	55,7	%	44,6	%	49,5	%	33,4	%
Al2O3	20,2	%	22,8	%	14,8	%	10,7	%	7,58	%
Fe2O3t	9,27	%	9,68	%	13,2	%	12,9	%	5,09	%
MgO	1,61	%	2,75	%	8,65	%	8,19	%	1,28	%
CaO	0,28	%	0,20	%	12,0	%	9,45	%	26,1	%
Na2O	0,11	%	0,66	%	1,70	%	3,53	%	3,29	%
K2O	4,63	%	2,03	%	0,32	%	0,19	%	0,10	%
TiO2	0,88	%	0,92	%	1,38	%	3,00	%	0,50	%
MnO	0,15	%	0,47	%	0,16	%	0,16	%	0,85	%
P2O5	0,11	%	0,17	%	0,12	%	0,37	%	0,32	%
PAF	4,14	%	4,12	%	3,53	%	1,75	%	20,6	%
Ba	0,12	%	420	ppm	75	ppm	207	ppm	60	ppm
Be	3	ppm	3	ppm	<1	ppm	<1	ppm	<1	ppm
Cd	1	ppm	<1	ppm	<1	ppm	1	ppm	<1	ppm
Ce	19	ppm	196	ppm	21	ppm	74	ppm	65	ppm
Co	10	ppm	44	ppm	56	ppm	51	ppm	20	ppm
Cr	30	ppm	38	ppm	208	ppm	79	ppm	<2	ppm
Cu	44	ppm	115	ppm	317	ppm	61	ppm	<1	ppm
Dy	<1	ppm	7	ppm	<1	ppm	<1	ppm	13	ppm
Eu	2	ppm	3	ppm	4	ppm	5	ppm	2	ppm
La	14	ppm	119	ppm	11	ppm	38	ppm	33	ppm
Li	61	ppm	83	ppm	33	ppm	26	ppm	22	ppm
Mo	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm	<4	ppm
Nd	55	ppm	140	ppm	110	ppm	255	ppm	85	ppm
Ni	47	ppm	80	ppm	120	ppm	120	ppm	30	ppm
Pb	54	ppm	63	ppm	<12	ppm	<12	ppm	31	ppm
Pr	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
Sc	22	ppm	27	ppm	47	ppm	35	ppm	7	ppm
Sm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm	<2	ppm
V	88	ppm	105	ppm	342	ppm	316	ppm	7	ppm
Zn	113	ppm	213	ppm	95	ppm	107	ppm	66	ppm
Ag	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm	<0,2	ppm
Au	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb	<15	ppb