

ET 90-11

GEOLOGIE DE LA REGION DE WINDSOR (ESTRIE)

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

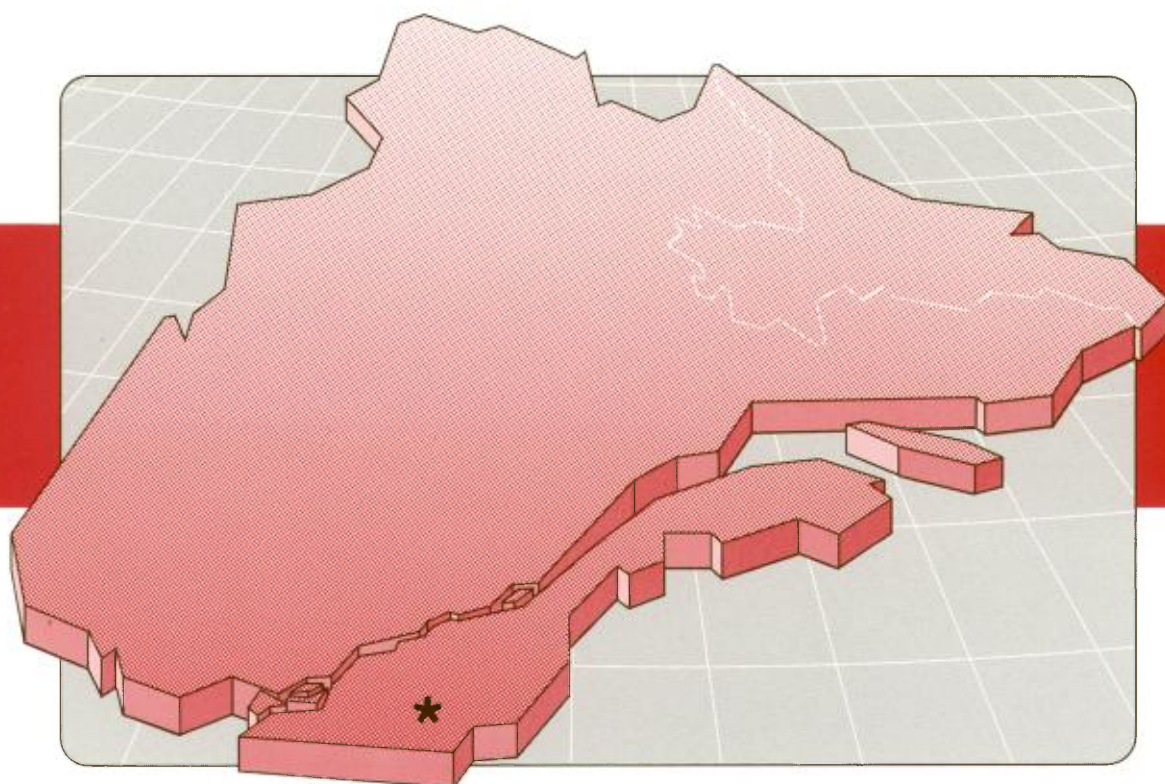
Québec



Géologie de la région de Windsor (Estrie)

Robert Marquis

ET 90-11



1992

Québec 

Géologie de la région de Windsor (Estrie)

Robert Marquis

ET 90-11

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

DIRECTION DE LA RECHERCHE GÉOLOGIQUE
Directeur: A. Simard (par intérim)

SERVICE GÉOLOGIQUE DE QUÉBEC
Chef: M. Bélanger (par intérim)

Manuscrit soumis le: 90-01-20
Accepté pour publication le: 90-06-18

Lecteur critique
J. Brun

Édition
M. Germain

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

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

RÉSUMÉ

La région cartographiée au cours de l'été 1988 couvre une superficie approximative de 150 km² dans les cantons de Windsor, de Melbourne et de Brompton, en Estrie. Les coordonnées du coin nord-est de la carte sont la latitude 45°37'30" et la longitude 72°00'. Ces travaux complètent le levé au 1:20 000 du feuillet topographique de Richmond (31H/09-200-0102) entrepris en 1984 dans le cadre d'une recherche portant sur l'anticlinorium des monts Sutton. Ce feuillet topographique chevauche les zones de Humber et de Dunnage (Williams, 1979) qui correspondent respectivement au domaine paléo-continentale et au domaine interne paléo-océanique des Appalaches du Québec (St-Julien et Hubert, 1985). Localement le Complexe ophiolitique d'Asbestos qui affleure à l'ouest de Windsor marque la limite entre les zones de Humber et de Dunnage (ligne Brompton – Baie Verte).

Le levé de 1988 est limité aux unités de la zone de Dunnage, c'est-à-dire à celles qui apparaissent à l'est du Complexe ophiolitique d'Asbestos. Les levés antérieurs (1984 – 1987) concernaient en premier lieu l'étude de la zone de Humber.

Dans la présente région, les grandes unités stratigraphiques sont d'ouest en est, le Groupe d'Oak Hill, la Suite métamorphique de Sutton, le Groupe de Caldwell, le Complexe ophiolitique d'Asbestos, le Complexe structural de Saint-Daniel, le Groupe de Magog, une unité informelle de roches felsiques et la Formation de Saint-Victor du Groupe de Magog.

D'un point de vue économique, la région renferme près d'une vingtaine d'indices minéralisés en cuivre, fer et argent, de même que des indices de talc, d'amiante et quelques carrières d'ardoise. On a déjà extrait de l'argent de façon artisanale de la mine Denman Silver à partir d'une veine de quartz à galène argentifère.

Table des matières

	Page
GÉNÉRALITÉS	1
Objet du travail	1
Localisation et accès	1
Méthodes de travail	1
Travaux antérieurs	1
Remerciements	3
GÉOLOGIE RÉGIONALE	5
STRATIGRAPHIE	9
Nomenclature stratigraphique	9
Descriptions lithologiques	9
Introduction	9
Stratigraphie de la zone de Humber	9
Groupe d'Oak Hill (unités 1 à 8)	9
Formation de Tibbit Hill (unité 1)	9
Formation de Call Mill (unité 2)	10
Formation de Pinnacle (unité 3)	10
Formation de White Brook (unité 4)	10
Formation de Gilman (unité 5)	10
Formation de Dunham (unité 6)	11
Formation de Sweetsburg (unité 7)	11
Formation de Melbourne (unité 8)	11
Conclusions concernant le Groupe d'Oak Hill	11
Suite métamorphique de Sutton (unités 9, 10 et 11)	12
Groupe de Caldwell (unité 12)	12
Stratigraphie de la zone de Dunnage	13
Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13)	13
Complexe structural de Saint-Daniel (unité 14)	13
Groupe de Magog (unités 15a, 15b et 16)	15
Unité felsique informelle (unité 17)	16
GÉOLOGIE STRUCTURALE	17
Introduction	17
Analyse structurale	17
Éléments structuraux planaires	17
Éléments structuraux linéaires	17
Autres symboles	17

Domaines structuraux	17
Domaine 1	17
Domaine 2	19
Domaine 3	20
Domaine 4	20
Domaine 5	21
Domaine 6	21
Domaine 7	21
Conclusions	21
Phases de déformation	21
Failles et zones de cisaillement	22
GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE	23
Répertoire des indices minéralisés	23
DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	25
Synthèse géologique	25
Recommandations	25
RÉFÉRENCES	27
ANNEXES:	
1 – Conodontes de la Formation de Melbourne	31
2 – Description des échantillons analysés	33
3 – Résultats des analyses géochimiques pour les éléments majeurs et les éléments traces	35
HORS-TEXTE:	
Carte n° 2161-A – Géologie de la région de Windsor (Estrie) (31H/09) à l'échelle de 1:20 000	
Carte n° 2161-B – Coupe lithologique A-A' (NW-SE) à travers la région de Windsor à l'échelle de 1:20 000	
Figure 6 – Compilation stéréographique des données structurales	

Généralités

Objet du travail

La cartographie géologique de la région de Windsor a permis de préciser les relations entre l'anticlinorium des monts Sutton (AMS), le Groupe de Caldwell, le Complexe ophiolitique d'Asbestos (COA), le Complexe structural de Saint-Daniel (SD) et le Groupe de Magog.

Les travaux de reconnaissance ont débuté en 1984. La partie ouest de la région de Windsor a été cartographiée en 1986-87 dans le cadre de levés portant sur un segment de l'AMS dans la région de Richmond (Marquis, 1989). La cartographie de la zone située à l'est du COA a été complétée en 1988.

Localisation et accès

La région de Windsor est située dans les Appalaches, en Estrie, dans le comté de Richmond. Elle couvre le feuillet topographique 31H/09-200-102, soit une superficie d'environ 260 km². Les coordonnées du coin NE de la carte sont 72° 00' 00" longitude et 45° 37' 30" latitude.

Située à l'extrémité est de la carte et facilement accessible par l'autoroute 55, Windsor représente la principale municipalité de cette région industrielle et agricole. Les autres agglomérations se nomment Saint-François-Xavier-de-Brompton, Kingsbury et Racine. Un réseau de routes secondaires partiellement asphaltées quadrille la région ce qui facilite grandement l'accès aux affleurements (figure 1).

La rivière Saint-François, qui traverse la partie nord de la région, s'écoule du SE vers le NW. Son principal tributaire, la rivière aux Saumons, coule vers le nord et rejoint la rivière Saint-François à 10,5 km en aval de Windsor. Un court segment de la rivière Ulverton apparaît également à l'extrémité ouest de la carte. Le petit lac Saint-François et l'étang de Kingsbury complètent le réseau hydrographique.

Le relief est peu accidenté sauf dans la partie centrale où des collines façonnées par le passage des glaciers quaternaires atteignent une altitude de 365 m. Leur orientation NE est parallèle au grain tectonique régional.

Méthodes de travail

La cartographie au 1: 20 000 du feuillet topographique de Windsor a permis à une équipe constituée de deux géologues et leurs assistants de répertorier la quasi totalité des affleurements du secteur.

Les affleurements situés en bordure des routes, le long des cours d'eau et dans les champs furent localisés

directement sur des photographies aériennes au 1:15 000. La plupart de ces photos dataient de 1979 et quelques unes de 1985. Pour localiser les affleurements dans les zones boisées, nous avons eu recours à des cheminements à la boussole et au compte-pas.

L'échantillonnage systématique des différentes unités lithologiques a permis de sélectionner les échantillons utilisés pour les descriptions pétrographiques en lame mince, pour vérifier le contenu paléontologique de certaines unités et pour déterminer les assemblages métamorphiques. Cinquante et un échantillons ont été analysés pour les éléments majeurs et certains éléments traces (annexes 2 et 3). Toutes ces analyses géochimiques ont été effectuées au Centre de Recherches minérales de Québec. De plus, huit échantillons de calcaire provenant de la Formation de Melbourne du Groupe d'Oak Hill et du Complexe de Saint-Daniel ont été envoyés au Dr. G. S. Nowlan, de la Commission géologique du Canada afin de vérifier leur contenu en conodontes (annexe 1).

L'analyse structurale est basée sur le traitement statistique des éléments structuraux ainsi que sur les projections stéréographiques réalisées sur microordinateur MacIntosh équipé du programme STÉRÉO 4.0.

Les indices minéralisés répertoriés sur les fiches de gîte minéral du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, et celles d'Énergie, Mines et Ressources du Canada, ainsi que les nouveaux indices mis à jour durant nos travaux sont décrits dans le chapitre portant sur la géologie économique et localisés sur la carte accompagnant ce rapport.

Travaux antérieurs

Les premiers travaux effectués en Estrie coïncident avec les débuts de la cartographie géologique au Canada (Logan, 1849). À la fin du XIX^e siècle, Selwyn (1883) avait déjà reconnu la structure anticlinale des monts Sutton et Ells (1896) avait cartographié le calcaire graphiteux de Melbourne. En 1921, Mackay définit le Groupe de Caldwell en Beauce, dans la région de la rivière Calway. En 1934-36, Clark décrit en Estrie, dans la région de Sutton, la séquence lithostratigraphique qui devint plus tard le Groupe d'Oak Hill (Cooke, Eakins et Tiphane, 1962).

Les Groupes de Caldwell et d'Oak Hill furent reconnus dans les comtés adjacents de Richmond et de Drummond par Cooke (1952), Osberg (1965) et Globensky (1978). Cooke inclut le calcaire graphiteux de Melbourne (Ells, 1896) dans ce qu'il appela indifféremment la succession ou la série d'Oak Hill. Ce

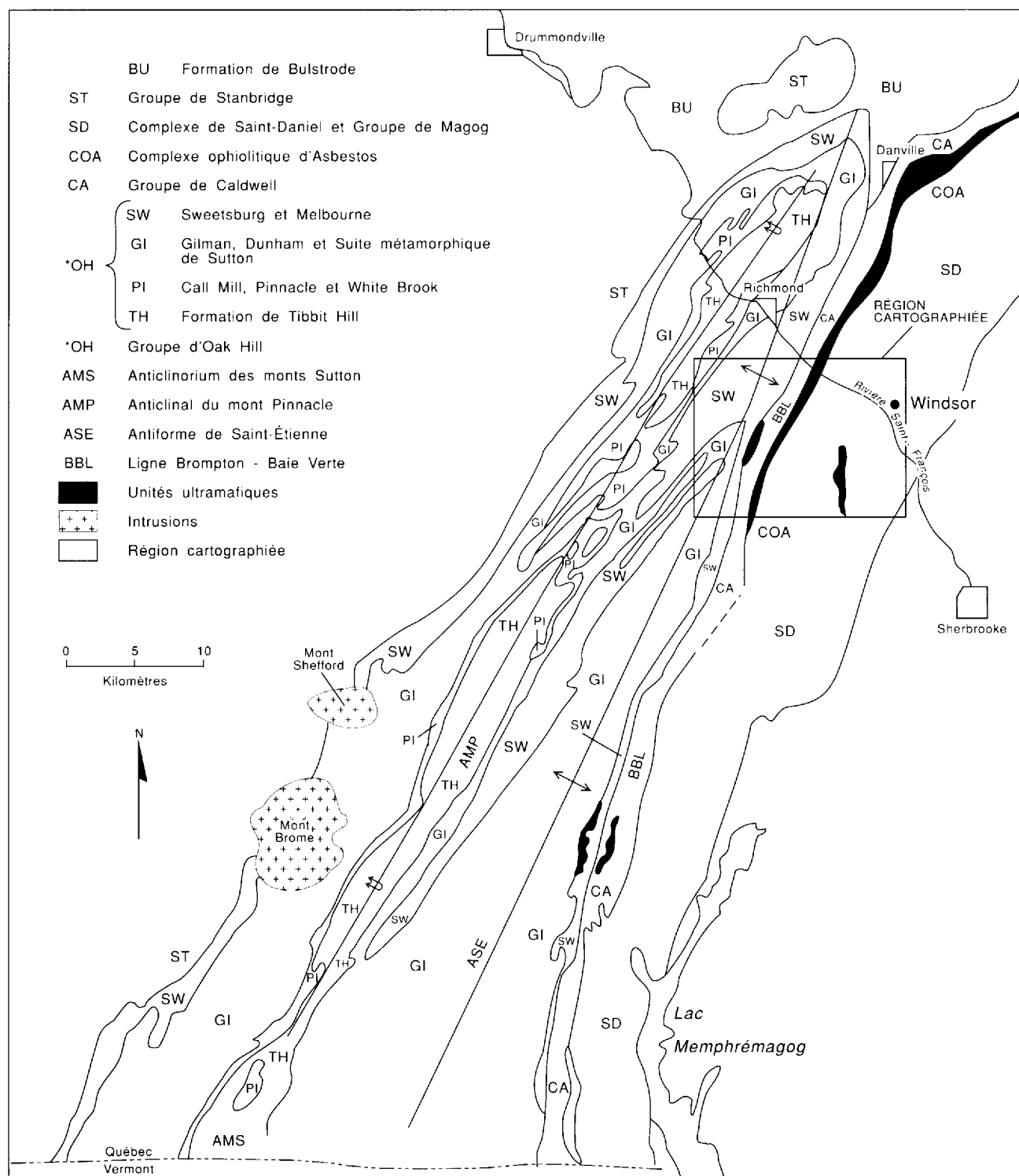


FIGURE 1 – Carte géologique régionale localisant la région de Windsor et montrant les limites du secteur cartographié (modifiée d'après Osberg, 1965; Hubert *et al.*, 1977).

calcaire repose effectivement en concordance sur la Formation de Sweetsburg (Marquis, 1991) et doit donc être intégré au Groupe d'Oak Hill. Les autres modifications au Groupe d'Oak Hill résultent des travaux d'Osberg (1965), de Globensky (1978) et de Charbonneau (1980).

Pour Osberg (1965), le Gilman désigne exclusivement un quartzite et il appelle Formation de Bonsecours (de Römer, 1960) le phyllade qui constitue la majeure partie du Gilman de Clark (1934-36). La Formation de Bonsecours est alors considérée comme équivalente à une partie des Schistes de Sutton (Clark,

1934; Ambrose, 1943; Fortier, 1945). Suivant cet usage, Globensky (1978) appela Formation de Bonsecours un phyllade affleurant dans la région de Drummondville. Afin de dissiper la confusion concernant le Gilman, Charbonneau (1980) proposa l'abandon de ce terme et l'introduction de deux nouvelles unités, les Formations de Frelighsburg et de Cheshire qui désignent respectivement le phyllade et le quartzite. Récemment, Boucher (1985) a précisé la composition d'une autre unité sédimentaire du Groupe d'Oak Hill, la Formation de Dunham.

Pintson *et al.*, (1985) ont démontré par une étude géochimique que l'unique formation volcanique du Groupe d'Oak Hill, la Formation de Tibbit Hill, s'est mise en place en milieu intracratonique. Une datation isotopique sur des zircons permet de dater cet événement à 554 Ma (Kumarapeli, 1989). Dowling (1988) a proposé l'idée selon laquelle dans la région de Sutton, la Formation de Pinnacle s'est formée en milieu littoral lacustre ou marin.

Le Groupe volcano-sédimentaire de Caldwell fut décrit en Beauce (Mackay, 1921) et reconnu dans la région de Windsor par Cooke (1952). Gariépy (1978) conclut que les roches volcaniques de cet assemblage de pente ou de glacis continental ont une composition comparable aux tholéiites des fonds océaniques actuels. Ces roches volcaniques sont absentes du Caldwell de la région de Windsor.

La cartographie du Complexe ophiolitique d'Asbestos (Lamarche, 1973) a démontré qu'il est constitué de roches ultramafiques à mafiques, en bandes lenticulaires et discontinues, limitées par des failles. Certaines de ces unités sont minéralisées en chrome, en amiante et en fer. Le Complexe ophiolitique d'Asbestos représente un copeau de croûte océanique (Laurent *et al.*, 1979) mis en place à l'Ordovicien inférieur dans un contexte d'îles en arc lié à la subduction de l'océan Iapétus (Laurent et Hébert, 1989) et obducté sur la plateforme continentale durant l'orogénèse taconienne (St-Julien et Hubert, 1975).

La Formation de Saint-Daniel introduite (St-Julien, 1970) pour désigner une unité d'ardoise et de brèche fut réinterprétée par Laurent *et al.*, (1979) comme un mélange formé dans une zone de subduction. Lamothe (1979) a suggéré le terme Complexe de Saint-Daniel et Cousineau (1987) décrit en détail les différents faciès du Complexe structural de Saint-Daniel, qu'il associe à un prisme d'accrétion.

L'équivalence des Séries de Magog (Ami, 1900) et de Beauceville (Mackay, 1921) fut reconnue par Cooke (1950). St-Julien (1970) redéfinit cette unité, distinguant la Formation de Saint-Daniel et le Groupe de Magog qu'il subdivisa en deux formations, le Beauceville à la base et le Saint-Victor au sommet. Cousineau (1984) reconnut deux nouvelles unités sous le Beauceville: les formations d'Etchemin et de Frontière. Actuellement, le Groupe de Magog est perçu comme un empilement de dépôts volcano-sédimentaires d'avant-arc, discordant sur le Complexe structural de Saint-Daniel.

Les compilations régionales incluant l'Estrie et la Beauce sont celles de St-Julien et Hubert (1975), de Hubert, St-Julien et Martignole (1977) ainsi que celles de Slivitsky et St-Julien (1987). Une compilation métallogénique systématique des indices, gîtes et gisements métallifères de l'Estrie-Beauce a été publiée par Gauthier *et al.* (1989).

Les plus récents levés régionaux sont ceux de Marquis (1989) qui a cartographié la terminaison de l'AMS et les unités adjacentes dans la région de Richmond, et ceux de M. Colpron qui poursuit depuis 1985 la cartographie du Groupe d'Oak Hill et des Schistes de Sutton dans la région type de Sutton. Dans la région adjacente de Sherbrooke, Tremblay (1989) cartographie le Groupe d'Ascot, le SD et le Groupe de Magog, tandis qu'au nord de Windsor, Trzcienski (1988) a étudié le métamorphisme de la mine Sterrett, une mine de chrome dans la dunite du COA.

Les travaux antérieurs effectués en Estrie-Beauce et ayant une incidence sur la compréhension de la géologie de la région de Windsor sont présentés par ordre chronologique au tableau 1.

Remerciements

Nous voulons remercier le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec qui a financé notre projet, ainsi que les personnes suivantes pour leur contribution aux travaux de terrain: Céline Bouchard, Marthe Carrier, Claude Champagne, Éric Chartier, Jimmy Côté, Bernard Gaboury, Jean-Yves Labbé, Éric Perrault et Denis Vermette. Nous avons bénéficié également des discussions et conseils de Jacques Béland, Joël Brun, Pierre Cousineau, Barry Doolan et Alain Tremblay. Nous sommes redevable également à Godfrey S. Nowlan qui a identifié les conodontes de la Formation de Melbourne.

TABLEAU 1 – Travaux antérieurs

AUTEURS	CONTRIBUTIONS
LOGAN, W.E. (1849)	Première description géologique des Cantons de l'Est
SELWYN, A.R.C. (1883)	Identification de l'anticlinal des monts Sutton
ELLS, R.W. (1896)	Cartographie des calcaires graphiteux de Melbourne.
AMI, H.M. (1900)	Identification de la Série de Magog.
HARVIE, R. (1911 à 1914)	Cartographie des roches ultramafiques du sud du Québec.
MACKAY, B.R. (1921)	Première description du Groupe de Caldwell, en Beauce.
CLARK, T.H. (1934-1936)	Établissement de la stratigraphie de la Série d'Oak Hill, près de Sutton.
AMBROSE, G.W. (1942-1943)	Compilation géologique, région de Stanstead.
CLARK et McGERRIGLE (1944)	Précisions sur la structure de la Série d'Oak Hill.
DRESSER et DENIS (1944)	Compilation géologique.
FORTIER, Y.O. (1945-1946)	Compilation géologique.
COOKE, H.C. (1937 à 1955)	Cartographie de la série d'Oak Hill au N-E de la région de Sutton
CARTER, G.F.E. (1954)	Mémoire de maîtrise sur la Dolomie de Dunham.
COOKE <i>et al.</i> , (1962)	La série d'Oak Hill devient le groupe d'Oak Hill.
EAKINS, P.R. (1964)	Cartographie du Groupe d'Oak Hill, région de Sutton.
OSBERG, P.H. (1965-1967)	Étude structurale de l'anticlinorium des monts Sutton.
CLARK et EAKINS (1968)	Stratigraphie et structure du Groupe d'Oak Hill, région de Sutton.
ST-JULIEN, P. (1970)	Cartographie de la région de Disraéli.
LAMARCHE, R.Y. (1973)	Cartographie du Complexe ophiolitique d'Asbestos.
ST-JULIEN et HUBERT (1975)	Synthèse des Appalaches du Québec.
HUBERT <i>et al.</i> , (1977)	Compilation géologique.
GARIÉPY, C. (1978)	Géochimie des basaltes du Groupe de Caldwell, en Beauce.
GLOBENSKY, Y. (1978)	Cartographie de la région de Drummondville.
LAMOTHE, D. (1979)	Cartographie de la région de Bolton.
LAURENT <i>et al.</i> , (1979)	Étude pétrologique et tectonique des ophiolites du Québec.
CHARBONNEAU, J.M. (1975-1980)	Cartographie des Groupes d'Oak Hill et de Stanbridge, région de Cowansville.
SMITH, G.T. (1982)	Structure du contact entre le Miller Pond et le Sweetsburg, comté de Bolton
PINTSON <i>et al.</i> , (1985)	Géochimie de la Formation de Tibbit Hill, région de Richmond.
GAUTHIER <i>et al.</i> , (1984-1988)	Étude métallogénique des Cantons-de-l'Est.
SLIVITSKY et ST-JULIEN (1987)	Carte de compilation de l'Estrie-Beauce.
COUSINEAU, P.A. (1987)	Cartographie du Groupe de Magog et du Complexe de Saint-Daniel, en Beauce.
TRZCIENSKI, W.E. (1976 à 1988)	Étude métamorphique de l'Estrie.
DOWLING, W.M. (1988)	Étude sédimentologique de la Formation de Pinnacle, région de Sutton.
COLPRON, M. (1986-1988)	Cartographie du Groupe d'Oak Hill et de la Suite de Sutton, région de Sutton.
MARQUIS, R. (1989)	Cartographie du Groupe d'Oak Hill et de la suite de Sutton, région de Richmond.
TREMBLAY, A.B. (1989)	Cartographie de la région de Sherbrooke.
KUMARAPELI <i>et al.</i> , (1989)	Datation isotopique de la Formation de Tibbit Hill du Groupe d'Oak Hill.

Géologie régionale

Le secteur cartographié appartient au domaine interne des Appalaches du Québec (St-Julien et Hubert, 1975) qui regroupe des terrains cambro-ordoviciens métamorphisés et déformés. Ce domaine est subdivisé en deux parties par la ligne Brompton-Baie Verte (BBL) (figure 1). La zone de Humber, située à l'ouest de la BBL, regroupe les roches formées sur la plateforme et le glaciaire continental paléozoïque, soit les Groupes volcano-sédimentaires d'Oak Hill (OH) et de Caldwell (CA) ainsi que la Suite métamorphique de Sutton. La zone de Dunnage, située à l'est de la BBL, regroupe des fragments de la croûte océanique d'Iapétus et les roches formées sur cette croûte océanique (Williams et St-Julien, 1982), soit le Complexe ophiolitique d'Asbestos (COA), le Complexe de Saint-Daniel (SD) et le Groupe de Magog.

Reconnu en Estrie sur une distance de 100 km (figure 1), le Groupe d'Oak Hill correspond à un changement majeur des conditions de dépôt, soit le passage d'un milieu de sédimentation de *rift* à un milieu marin. Les corrélations lithostratigraphiques de part et d'autre de la frontière américaine (tableau 2) établissent que le Groupe d'Oak Hill repose en discordance sur un socle continental grenvillien (Doll *et al.*, 1961; Christman et Secor, 1961). Ce socle affleure en particulier au Vermont où il est recouvert en discordance angulaire par des grès et un conglomérat à cailloux et à blocs attribués à la Formation de Pinnacle (Dennis, 1964). Ce conglomérat n'affleure pas dans la région de Windsor, où le Groupe d'Oak Hill comprend huit formations (unités 1 à 8) qui couvrent un intervalle d'environ 80 Ma, du Cambrien inférieur au début de l'Ordovicien moyen (tableau 3). À Windsor, l'unité stratigraphique la plus ancienne, la Formation de Tibbit Hill (unité 1) est formée de roches volcaniques alcalines accumulées durant l'épisode de *rifting* qui précéda l'ouverture d'Iapétus (Pintson *et al.*, 1985). Le Tibbit Hill est recouvert par une séquence sédimentaire transgressive qui correspond à l'évolution du milieu de dépôt d'un *rift* à un environnement marin. Williams et Hiscott (1987) estiment que cette transition diachrone s'est produite entre 550 et 570 Ma.

Le Groupe de Caldwell est constitué de turbidites formées sur le glaciaire continental d'Iapétus. Dans la

région type, en Beauce, les turbidites sont interstratifiées avec des basaltes absents de la région de Windsor.

L'origine des schistes de Sutton demeure problématique. Bien que plus déformés et métamorphisés, ils pourraient être équivalents latéralement à certaines lithologies des Groupes d'Oak Hill et de Caldwell.

Dans la région de Windsor, l'anticlinorium des monts Sutton (AMS) est la structure majeure de la Zone de Humber. L'AMS résulte de la juxtaposition partielle de deux antiformes reliées à deux phases de plissement distinctes, l'anticlinal du mont Pinnacle (AMP), un anticlinal à double plongée déversé au SE (Clark et Eakins, 1968) et l'antiforme de Saint-Étienne (ASE), une antiforme de schistosité subverticale, plongeant faiblement vers le NNE (de Römer, 1961).

Le secteur de la Zone de Humber cartographié se trouve en partie sur le flanc inverse de l'AMP et en partie dans la zone axiale de l'ASE. L'ASE est certainement plus jeune que l'AMP puisque le plan de référence qui définit l'ASE correspond à la schistosité de plan axial de l'AMP. Ces plissements majeurs ne semblent pas affecter le Groupe de Caldwell qui forme une étroite bande orientée au NE dans laquelle nous avons relevé deux schistosités mais aucun pli majeur.

Le secteur cartographié de la Zone de Dunnage regroupe le COA, le SD et le Groupe de Magog. Le COA est interprété comme un fragment de l'ancienne croûte océanique d'Iapétus obducté sur le socle grenvillien (St-Julien et Hubert, 1975). Selon Cousineau (1987), le SD est le prisme d'accrétion dans lequel se retrouvent des fragments provenant de toutes les unités adjacentes et le Groupe de Magog représente les sédiments d'avant-arc déposés en discordance angulaire sur ce prisme d'accrétion.

La déformation des unités de la Zone de Dunnage est contrôlée par une phase de plissement, ainsi que par des failles et des zones de cisaillements. La seule schistosité visible du COA apparaît dans un mélange ophiolitique qui localise les plans de failles majeures. Enfin, le SD et le Groupe de Magog sont affectés par une schistosité pénétrative probablement d'origine acadienne.

TABLEAU 3 – Stratigraphie de la région de Windsor.

Séries	Unités lithostratigraphiques et lithodémiques	
O moy	Groupe d'Oak Hill Formation de Melbourne Formation de Sweetsburg Formation de Dunham Formation de Gilman Formation de White Brook Formation de Pinnacle Formation de Call Mill Formation de Tibbit Hill	
O inf		
C sup		
C moy		
C inf		Suite métamorphique de Sutton Groupe de Caldwell Complexe ophiolitique d'Asbestos Groupe de Magog et Complexe de Saint-Daniel

Stratigraphie

Nomenclature stratigraphique

Nous utilisons ici la version française du code stratigraphique nord-américain (CSNA) publiée par le Service géologique du MER en 1986 (DV 86-02). Conformément à l'esprit de ce code, nous suggérons certaines modifications à la nomenclature stratigraphique préexistante du Groupe d'Oak Hill et de la Suite métamorphique de Sutton. La nomenclature du Groupe de Caldwell et du Complexe ophiolitique d'Asbestos demeure inchangée. Pour décrire le Complexe structural de Saint-Daniel et le Groupe de Magog, nous utilisons les unités définies par Cousineau (1987) (tableau 3).

Les modifications au Groupe d'Oak Hill concernent l'abandon de la Formation de Racine, l'utilisation du terme "Dunham", la subdivision du Gilman en deux membres et l'inclusion du Melbourne dans le Groupe d'Oak Hill. Nous n'avons pas trouvé de calcaire sous la Formation volcanique de Tibbit Hill, c'est pourquoi nous ne retenons pas la Formation de Racine (Cooke, 1952). Nous utilisons le terme Formation de Dunham qui, historiquement, a priorité sur la Formation de Dunmore dérivée de la contraction de Dunham et de Scotsmore (Cooke, 1952). Les deux membres que nous distinguons dans la Formation de Gilman sont le membre inférieur de Frelighsburg, équivalent latéral de la Formation de Frelighsburg (Charbonneau, 1980) et le membre supérieur de siltstone arkosique et dolomitique laminé qui passe latéralement vers le SW à la Formation de Cheshire (Charbonneau, 1980). Finalement, en accord avec Cooke (1952) nous incluons la Formation de Melbourne au Groupe d'Oak Hill dont elle représente l'unité sommitale.

Les autres modifications stratigraphiques concernent l'appellation "Schistes de Sutton" qui devient la Suite métamorphique de Sutton dans laquelle nous distinguons trois lithodèmes pour lesquels nous proposons des affleurements de référence au nord du village de Racine. L'affleurement de référence de l'unité de métagres à mica blanc albite, chlorite et magnétite se trouve au nord du chemin Baker à 1,1 km à l'est de l'intersection avec la route 243. L'affleurement de référence de l'unité de schiste à quartz-séricite (unité 10) est exposé de part et d'autre du chemin Baker, à 1,6 km à l'est de l'intersection avec la route 243 et l'affleurement de référence du metabasalte tholéitique à chlorite, épidote et magnétite se trouve du côté est de la route 243, à 4 km au NE du village de Racine.

Descriptions lithologiques

INTRODUCTION

Dans cette section, nous distinguons les unités des Zones de Humber et de Dunnage et nous décrivons chaque unité en précisant sa position stratigraphique et la nature des contacts avec les unités adjacentes. Lorsqu'il est possible de le faire, nous indiquons également l'âge déterminé à partir de fossiles, par datation isotopique ou par corrélation avec des localités fossilifères connues.

STRATIGRAPHIE DE LA ZONE DE HUMBER

Groupe d'Oak Hill (unités 1 à 8)

Formation de Tibbit Hill (unité 1)

Au Québec, la Formation de Tibbit Hill est l'unité de base du Groupe d'Oak Hill. Il s'agit surtout d'un metabasalte transitionnel à chlorite, épidote et magnétite, vert foncé à gris verdâtre. L'origine volcanique de ce schiste est suggérée par la présence d'amygdales centimétriques de feldspath, quartz, chlorite, épidote, calcite ou hématite, aux formes irrégulières, parfois étirées dans les plans de schistosité.

Certaines coulées contiennent des nodules d'épidote vert pistache pouvant atteindre 50 cm de diamètre. Ces nodules résultent d'une redistribution isochimique des éléments majeurs, particulièrement CaO et Na₂O au cours du métamorphisme (Pintson *et al.*, 1985; Jolly, 1980; Reed et Morgan, 1971). La Formation de Tibbit Hill contient aussi une roche volcanique felsique qui suggère une séquence volcanique bimodale, et une brèche pyroclastique constituée de fragments de pierre ponce et de phyllade rougeâtre.

Nous avons utilisé la présence de lits centimétriques et décimétriques de phyllade rougeâtre, probablement d'origine volcanoclastique, pour distinguer localement les différentes coulées volcaniques.

Au Vermont, les roches volcaniques du Tibbit Hill sont interstratifiées avec un grauwacke et un phyllade attribués à la Formation de Pinnacle (Dennis, 1964). Par conséquent, la Formation de Tibbit Hill change alors de rang et devient un membre de la Formation de Pinnacle (Pieratti, 1976).

Une datation récente de la Formation de Tibbit Hill à 554 Ma a été obtenue par la méthode U/Pb sur des zircons provenant d'une rhyolite échantillonnée près de Waterloo, Québec (Kumarapeli, 1989). Cet âge est compatible avec les observations de terrain, qui indi-

quent que la Formation de Tibbit Hill ne peut être plus jeune que le Cambrien inférieur, puisqu'elle est recouverte, probablement en discordance d'érosion, par des roches sédimentaires contenant des trilobites et des brachiopodes du Cambrien inférieur (Clark, 1934).

Formation de Call Mill (unité 2)

Dans la région de Windsor, la Formation de Call Mill est un phyllade bleuté hématifère et un schiste à chloritoïde. Le litage est parfois marqué par des amas de chlorite et de séricite qui représentent probablement des cailloux mafiques métamorphisés et très écrasés. Le schiste à chloritoïde suggère qu'une partie au moins du Call Mill pourrait provenir du lessivage des roches volcaniques sous-jacentes. La Formation de Call Mill affleure sporadiquement (coin NW de la carte) et son épaisseur maximum est de 50 m. Bien qu'aucun fossile n'ait été rapporté dans ces roches, sa position stratigraphique indique que le Call Mill date du Cambrien inférieur.

Formation de Pinnacle (unité 3)

Dans la région de Windsor, la formation de Pinnacle est un grès quartzeux, un phyllade bleuté et un phyllade beige à chlorite et séricite. La composition du grès varie entre une arénite quartzreuse blanche contenant des grains de quartz bleu et une arénite feldspathique gris pâle à grain moyen, interstratifiée avec un phyllade bleuté. L'épaisseur des strates de grès varie entre 30 et 50 cm alors que le phyllade se présente généralement en interlits millimétriques à centimétriques. Un phyllade beige à chlorite et séricite, dont l'origine demeure problématique, s'intercale également à plusieurs niveaux dans la Formation de Pinnacle. Il pourrait s'agir d'horizons décimétriques de tuf felsique métamorphisé.

La nature du ciment des grès varie de carbonaté à siliceux et la proportion initiale de matrice est difficile à évaluer car une partie de celle-ci a recristallisé ultérieurement sous forme de chlorite et de séricite dans les plans de schistosité.

Les structures sédimentaires les mieux conservées sont des laminations parallèles et entrecroisées, des granoclassements normaux et à plus grande échelle, des séquences régressives (*coarsening upward sequence*). Ces structures sédimentaires suggèrent un environnement de dépôt deltaïque qui contraste avec le milieu littoral envisagé pour le grès à grain fin, à laminations obliques et riche en ilménite de la Formation de Pinnacle dans la région type de Sutton (Dowling, 1988).

Les importantes variations latérales de faciès du Pinnacle suggèrent un milieu de sédimentation dans lequel les conditions locales de dépôt changent rapidement, tel un environnement de *rift* intracratonique.

Nous évaluons l'épaisseur totale de la Formation de Pinnacle à environ 200 m. Les contacts inférieurs et supérieurs affleurent très mal mais la position stratigraphique du Pinnacle entre deux unités datées du Cambrien inférieur indique que le Pinnacle date également du Cambrien inférieur.

Formation de White Brook (unité 4)

Dans la région de Windsor, la Formation de White Brook, non fossilifère, regroupe un grès dolomitique rose ou blanc et un phyllade calcaire vert ou rouge, contenant à l'occasion des lits décimétriques de conglomérat non jointif à cailloux de phyllade vert ou rouge. La matrice est de même composition que les fragments. Certains bancs de grès peuvent atteindre deux mètres d'épaisseur et l'épaisseur totale de la formation ne dépasse pas 75 m.

La Formation de White Brook correspond à des conditions de dépôt associées à un milieu marin peu profond. Le contact entre le Pinnacle (unité 3) et le White Brook (unité 4) marque donc la transition entre une sédimentation de *rift* et une sédimentation de dérive continentale. C'est la *rift-drift transition* de Williams et Hiscott (1987).

Formation de Gilman (unité 5)

Dans la région adjacente de Richmond, nous distinguons deux membres dans la Formation de Gilman: un membre inférieur dit membre de Frelighsburg et un membre supérieur de siltstone arkosique et dolomitique laminé, avec passage graduel de l'un à l'autre (Marquis, 1989).

Dans la région de Windsor affleure uniquement le membre de Frelighsburg, un phyllade vert à chlorite et séricite et un siltstone similaires à la Formation de Frelighsburg (Charbonneau, 1980) de la région de Sutton. La stratification généralement transposée est visible dans la zone axiale de certains plis P2.

Les contacts stratigraphiques inférieur et supérieur de la Formation de Gilman sont exposés hors des limites de la carte de Windsor. Le contact stratigraphique inférieur qui apparaît au sud de l'intersection des routes 116 et 55 correspond à un changement rapide de composition et de couleur sans discordance apparente. Le contact stratigraphique supérieur concordant et graduel affleure au nord de la route 116, à Richmond (hors-carte), où il est marqué par l'apparition de lits dolomitiques de plus en plus nombreux et épais.

Des vestiges de faunes permettent d'établir l'âge du Gilman au Cambrien inférieur. Clark (1934, 36) trouva des fragments de brachiopodes du genre *Kutorgina* près de Scottsmore, Québec, et Shaw (1954) trouva des fragments de *Salterella* et de trilobites du genre *Hyolithes*, dans le prolongement du Gilman, au NW du Vermont. Tous ces fossiles indiquent un âge Cambrien inférieur.

Formation de Dunham (unité 6)

La Formation de Dunham affleure très peu dans la région de Windsor. Dans la région adjacente de Richmond, Cooke (1952) l'a tracée sur une distance de 8 km parallèlement à la rive est de la rivière Ulverton. Il s'agit d'une unité hétérogène qui regroupe une dolomie, un grès dolomitique très grossier, parfois interstratifié avec un phyllade noir, un conglomérat à cailloux de quartz et une brèche polymictique formée de fragments de grès et de dolomie dans un ciment carbonaté (Marquis, 1989). La dolomie et le grès dolomitique se présentent en strates de 30 à 50 cm d'épaisseur. Dans le secteur de Richmond, l'épaisseur maximum de la Formation de Dunham est évaluée à 60 m.

Le contact inférieur est un passage graduel mais le contact supérieur pourrait correspondre à une discordance d'érosion ou à une lacune de sédimentation couvrant potentiellement tout le Cambrien moyen. L'âge de la Formation de Dunham, établi par des trilobites de la famille des *Mesonacidae*, recueillis à 5 km au SW de Frelighsburg (hors-carte) (Clark, 1936), est Cambrien inférieur.

Formation de Sweetsburg (unité 7)

Dans la région de Windsor comme dans celle de Sutton au SW, la Formation de Sweetsburg correspond à un phyllade noir, interlité avec un grès quartzueux blanc à grains fins, finement laminé. Les variations dans la proportion relative de grès et de phyllade sont importantes. La granulométrie du grès varie systématiquement de grossier à fin, de la base au sommet de la formation. Il s'agit de turbidites probablement formées sur une plateforme continentale.

Étant donné la quasi absence de la Formation de Dunham (unité 6) nous fixons la base du Sweetsburg à l'apparition du phyllade noir.

Un âge Cambrien moyen a été attribué à la Formation de Sweetsburg par corrélation avec le Parker Slate, un phyllade noir exposé au Vermont (Osberg, 1965; Cady, 1960). Le Parker Slate, qui contient une faune du Cambrien moyen, zone à *Cedaria* (Shaw, 1954) pourrait être équivalent à l'ardoise d'Oak Hill (Clark, 1936) ultérieurement incorporée au Sweetsburg (Charbonneau, 1980). L'âge de la Formation de Sweetsburg déterminé à partir de cette corrélation ne peut être qu'une limite maximum.

La localité fossilifère du Sweetsburg la plus près de la région de Windsor se trouve dans la région adjacente de Richmond au nord-ouest (Marquis, 1989). Des fragments de brachiopodes articulés ponctués et non ponctués, de trilobites, de gastéropodes et de lamelibranches trouvés dans un conglomérat calcaire sont d'âge Cambrien supérieur ou Ordovicien inférieur (Mamet, 1987, communication personnelle). Par conséquent, nous estimons que dans la région de Windsor,

la Formation de Sweetsburg n'est probablement pas plus ancienne que le Cambrien supérieur.

Formation de Melbourne (unité 8)

La Formation de Melbourne est un calcaire graphiteux partiellement recristallisé, gris moyen à gris foncé, interstratifié avec un phyllade noir identique à celui de la Formation de Sweetsburg. Cette unité fut intégrée au Groupe d'Oak Hill par Cooke (1952). Osberg (1965) proposa plutôt que le Melbourne soit un faciès carbonaté de la Formation de Sweetsburg. St-Julien et Hubert (1975) et Globensky (1978) regroupent le Melbourne et la Formation de Bulstrode qui forme la fenêtre du Saint-Cyrille dans la région de Drummondville. Selon eux, cette unité repose en discordance stratigraphique sur le Sweetsburg.

Suite à notre levé, le passage graduel du Sweetsburg (unité 7) au Melbourne (unité 8) est clairement démontré le long du petit ruisseau Horse, dans un tunnel creusé récemment sous le chemin Vallée, qui relie Richmond (hors carte) à Kingsbury. En nous basant sur cette observation et sur notre analyse structurale de la région de Richmond au nord (Marquis, 1989), nous estimons que Cooke (1952) avait raison et que le Melbourne représente l'unité sommitale du Groupe d'Oak Hill.

L'âge de la Formation de Melbourne a été déterminé (Nowlan, 1987; Marquis, 1989) grâce à des conodontes extraits de deux échantillons recueillis à moins d'un kilomètre d'intervalle, sur les rives du ruisseau Miller, près de Kingsbury. La faune de l'Atlantique nord trouvée dans ces échantillons date de l'Arenig moyen au Llanvirn précoce (carte numéro 2161 et annexe 1).

Conclusions concernant le Groupe d'Oak Hill

L'âge et la composition géochimique de la Formation de Tibbit Hill (unité 1) sont compatibles avec une mise en place en milieu intracratonique. Le Pinnacle (unité 3) s'est également accumulé durant l'épisode de *rifting*, probablement dans un environnement deltaïque. La Formation de White Brook (unité 4) qui regroupe plusieurs lithologies carbonatées accumulées dans un milieu marin peu profond représente la transition entre la phase de *rift* et la dérive continentale (*drift*). Le membre supérieur de la Formation de Gilman (unité 5) marque le début d'une régression marine qui culmine avec la Formation de Dunham (unité 6). La Formation de Sweetsburg (unité 7), d'âge Cambrien supérieur ou plus jeune, repose en discordance d'érosion sur le Dunham (unité 6) et les formations plus anciennes, et finalement la Formation de Melbourne (unité 8), d'âge Ordovicien moyen, est l'unité sommitale du Groupe d'Oak Hill.

Suite métamorphique de Sutton (unités 9, 10 et 11)

La Suite métamorphique de Sutton regroupe trois lithodèmes qui affleurent dans la partie SW de la carte de Windsor. Le métagrès à mica blanc, albite, chlorite et magnétite (unité 11) et le schiste à quartz, mica blanc et chlorite (unité 10) sont d'origine sédimentaire, comme en témoigne le litage souvent conservé malgré une déformation en plusieurs phases. L'alternance de phyllade noir à interlits de grès fin de la Formation de Sweetsburg (unité 7) avec ces schistes métasédimentaires nous indique que ceux-ci pourraient être équivalents latéralement aux Formations de Gilman et de Sweetsburg du Groupe d'Oak Hill. Il est possible également que le schiste métasédimentaire à quartz, mica blanc et chlorite (unité 10) puisse être du Caldwell métamorphisé.

Le metabasalte tholéitique à chlorite, épidote, et magnétite (unité 9) rappelle la Formation de Tibbit Hill du Groupe d'Oak Hill. Il s'en distingue par sa position stratigraphique plus jeune et sa composition géochimique en éléments majeurs et en éléments traces (tableau 4). De plus, à proximité du contact NW faillé avec le Groupe d'Oak Hill affleure un schiste à stéatite et trémolite qui pourrait être dérivé de l'altération d'un copeau ultramafique mis en place le long d'un plan de faille.

L'absence de faciès gréseux et carbonaté dans la Suite de Sutton suggère un milieu de dépôt plus profond que celui envisagé pour le Groupe d'Oak Hill. Selon nous, la Suite de Sutton s'est formée en milieu marin à proximité ou sur une croûte océanique alors que les lithologies du Groupe d'Oak Hill correspondent plutôt à des faciès de plateforme continentale.

Groupe de Caldwell (unité 12)

Le Groupe de Caldwell décrit en Beauce (Mackay, 1921) est constitué de roches volcaniques et sédimentaires interstratifiées.

Dans les limites de la carte de Windsor, le Caldwell reconnu initialement par Cooke (1952) comprend un wacke lithique, un siltstone, des phyllades mauves, verts ou noirs et un conglomérat à granules. L'ensemble forme d'étroites crêtes rocheuses orientées au NE.

Le wacke verdâtre à patine beige, parfois chenalisé, forme des strates décimétriques granoclassées, pouvant contenir des fragments allongés de phyllade. Le granoclassement indique que les strates sont le plus souvent en position normale, contrairement à la situation qui prévaut dans la région de Thetford Mines, où St-Julien (1970) a montré que le Caldwell est en position inverse. Toutefois, au sud de Kingsbury nous avons relevé des inversions de polarité qui permettent de localiser des plis mineurs.

TABLEAU 4 – Analyses géochimiques comparatives entre les schistes à chlorite du Tibbit Hill (unité 1) et ceux de la Suite métamorphique de Sutton (unité 9) Les analyses de la Formation de Tibbit Hill (5-11 et 5-14) sont tirées de Marquis (1989) et n'apparaissent pas sur la carte.

Unités	TIBBIT HILL			SUTTON		
Lithologies	Métabasalte à chlorite #5-11*	Métabasalte à chlorite #5-14*	Métabasalte à chlorite #7-74*	Métabasalte à chlorite #7-78*	Métabasalte à chlorite #7-84*	Métabasalte à chlorite #7-85*
SiO ₂	44,10	49,80	47,10	47,80	46,70	48,50
Al ₂ O ₃	16,90	13,40	15,70	16,30	13,70	12,80
Fe ₂ O _{3t}	14,70	12,90	14,90	14,60	15,40	16,60
MgO	2,14	2,59	8,18	8,01	6,15	7,59
CaO	4,57	11,40	5,08	5,34	10,90	5,02
Na ₂ O	0,73	3,01	2,11	0,83	0,56	4,22
K ₂ O	7,79	0,29	0,01	0,01	0,07	0,05
TiO ₂	3,66	2,97	1,88	1,59	1,62	2,02
MnO	0,07	0,27	0,20	0,25	0,21	0,23
P ₂ O ₅	1,68	0,41	0,11	0,16	0,14	0,17
PAF	3,09	2,05	5,10	5,35	3,15	2,47
La	112	35	5	10	7	9
Ce	217	73	48	15	12	14
Nd	395	265	80	80	105	120
Sm	8	<2	<2	<2	<2	<2
Eu	10	5	2	4	5	5
Dy	21	4	8	8	8	10

* Numéro correspondant à la carte

Les contacts avec le Groupe d'Oak Hill et la Suite de Sutton à l'ouest et avec le Complexe ophiolitique d'Asbestos à l'est sont faillés. Le contact faillé avec le Groupe d'Oak Hill est révélé par la troncature d'unités lithologiques, en particulier les Formations de Gilman, (unité 5) de Sweetsburg (unité 7) et de Melbourne (unité 8). Des intrusions ultramafiques et mafiques (unité 13) longent également cette faille que nous nommons la faille de Kingsbury.

Nous avons aussi relevé des amas de roches mafiques et ultramafiques à l'intérieur du Groupe de Caldwell. Ces fragments apparentés au COA localisent les plans de faille qui découpent le Caldwell en segments discontinus limités par des zones étroites fortement cisailées, plissotées et injectées de veines de quartz. De ce fait, la déformation du Groupe de Caldwell s'apparente fortement à celle du COA.

L'âge du Groupe de Caldwell est problématique, car nous ne disposons pas de fossile pour le préciser. St-Julien et Hubert (1975) lui ont attribué un âge Cambrien, en se basant sur des considérations tectoniques et paléogéographiques. Selon nous, le Caldwell pourrait représenter une accumulation de sédiments terrigènes dérivés au moins partiellement du continent nord-américain et déposés sur la pente ou le talus continental durant la régression marine du Cambrien moyen.

STRATIGRAPHIE DE LA ZONE DE DUNNAGE **Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13)**

Le COA est une bande de roches intrusives et volcaniques, ultramafiques à mafiques, surmontées d'une mince couverture de roches sédimentaires détritiques parfois conglomératiques. Il s'agit d'un copeau de fond océanique exposé le long de la ligne Brompton-Baie Verte (Williams et St-Julien, 1982) qui marque la suture entre les zones de Humber et de Dunnage (Williams, 1978). Lamarche (1973) a reconnu et délimité 14 unités lithologiques discontinues et lenticulaires dans le COA. En ce qui nous concerne, nous y avons distingué une péridotite et une pyroxénite serpentinisées, (unité 13), un mélange ophiolitique (13a) un gabbro, (13b) et une brèche à fragments volcanoclastiques felsiques dans une matrice ultramafique serpentinisée (13c). Ces unités discontinues et lenticulaires, sont limitées par des failles souvent plaquées de longues aiguilles d'antigorite d'orientation variable. Le gisement d'amiante de la mine Jeffrey à Asbestos ainsi que le gisement de chrome et de fer de la mine Sterrett au nord de la présente carte se trouvent dans les roches ultramafiques serpentinisées et très fracturées du COA.

Au sud de Kingsbury et à l'ouest du Groupe de Caldwell, apparaît également un copeau différencié, ultramafique à mafique, long de 3 km et large de 300 m. À son extrémité sud, affleure une pyroxénite pegmatitique (unité 13b) qui contient des pyroxènes

partiellement transformés en bastite pouvant atteindre cinq centimètres de longueur. La présence de ce copeau localise la faille de Kingsbury et suggère fortement une imbrication du COA avec des écailles du Caldwell.

Deux kilomètres à l'ouest de Saint-François-Xavier-de-Brompton, affleurent également des roches ultramafiques qui forment deux minces bandes d'orientation N-S, séparées entre elles par le SD. La bande la plus extensive (unité 13) longue de sept kilomètres est en contact de faille à l'est avec un tuf felsique verdâtre remanié (unité 15a) du Groupe de Magog que nous décrivons plus loin. Nous avons distingué quatre faciès à l'intérieur de ces bandes ultramafiques: un mélange ophiolitique constitué de blocs de péridotite dans une matrice schisteuse serpentinisée (unité 13a), une serpentine massive, un gabbro pegmatitique (unité 13b) et une brèche à fragments volcanoclastiques felsiques dans une matrice de serpentine (unité 13c).

Selon nous, ces deux bandes ophiolitiques se sont mises en place tectoniquement le long de failles N-S, postérieures au développement de la schistosité régionale. Les blocs laminés de la brèche volcanoclastique felsique (unité 13c) ont pu être arrachés au Groupe de Magog lors de la mise en place des bandes ultramafiques. Par conséquent, les failles doivent recouper la volcanoclastite felsique à une profondeur indéterminée.

De plus, l'orientation N-S des bandes ultramafiques est parallèle à un lambeau de SD mis en place tectoniquement dans une volcanoclastite grise du Groupe de Magog. Ce lambeau apparaît à Windsor dans un secteur où nous avons pu démontrer l'existence de failles tardives de direction N-S.

En conclusion, la mise en place des bandes ultramafiques est contrôlée par des failles tardives postérieures au développement de la schistosité régionale, par conséquent elle est probablement postérieure à l'obduction du COA.

Complexe structural de Saint-Daniel (unité 14)

Dans la région de Windsor, le Complexe structural de Saint-Daniel forme une bande de dix kilomètres de largeur à l'est du Complexe ophiolitique d'Asbestos. Interprété originellement (St-Julien, 1972) comme un dépôt de fond océanique, puis comme un mélange tectonique formé dans un prisme d'accrétion (Laurent *et al.*, 1979), le Saint-Daniel est perçu aujourd'hui comme un complexe structural dont l'origine est partiellement sédimentaire et partiellement tectonique (Cousineau, 1987).

Le faciès typique du Complexe de Saint-Daniel est une unité chaotique, un mélange, constitué d'une matrice de mudstone vert et noir, dans lequel sont

incorporés des granules, cailloux et blocs d'ardoise, de grès, de calcaire et occasionnellement de chert noir. Les fragments du mélange pourraient provenir de l'érosion du Groupe d'Oak Hill, de la Suite métamorphique de Sutton, du Groupe de Caldwell et des Complexes ophiolitiques d'Orford, d'Asbestos ou de Thetford Mines.

Dans la région de Windsor, le mélange du Complexe de Saint-Daniel (unité 14) est une ardoise bleu foncé dans laquelle on trouve des fragments de grès, de siltstone, de calcaire, de dolomie et de mudstone. Dans ce mélange dépourvu de schistosité phacoïdale, les fragments centimétriques de mudstone vert et noir sont très nombreux mais le plus gros bloc observé est constitué de basalte amygdalaire, bréchique et cousiné, de dimension hectométrique (figure 2). L'orientation préférentielle des blocs et des cailloux du mélange résulte du développement d'un clivage ardoisier, attribué à une déformation régionale postérieure à la mise en place du dépôt chaotique.

Dans le prolongement NE des carrières New Rockland, Melbourne et Steele (fiches de gîtes 31H/09-057-064-066), une ardoise gris foncé (unité 14a) dépourvue de fragments affleure au contact avec le COA. Cette ardoise est du même type que celle exploitée anciennement dans ces carrières. Elle peut atteindre plusieurs mètres d'épaisseur ce qui indique un fort potentiel concernant l'exploitation éventuelle de nouvelles carrières.



FIGURE 2 – Fragment de basalte coussiné du Complexe structural de Saint-Daniel (affleurement situé au sud de la route 55, sur un chemin parallèle à celle-ci, au NW de Windsor).

On trouve également des turbidites gréseuses (unité 14b) et calcareuses (unité 14c) interstratifiées avec le mélange. Celui-ci pourrait donc correspondre à des coulées sous-marines de débris, du même type que celles de la Formation de Cooks Brook, sur la péninsule de Port au Port, à Terre-Neuve (Jacobi, 1984), où la mise en place des coulées de débris s'est faite sans déformer les turbidites sous-jacentes.

Dans la région de Windsor l'unité 14b regroupe un grès, un siltstone, une ardoise grise et un conglomérat intraformationnel formés sous l'action de courants de turbidité. Les turbidites gréseuses gris moyen, contiennent de nombreux fragments d'ardoise centimétriques à décimétriques (figure 3). Les structures sédimentaires préservées sont un granoclassement normal, des laminations parallèles et obliques, des chenaux d'érosion, des "slumps" et des convolutions. Le conglomérat intraformationnel produit par la déformation "in situ" de turbidites partiellement lithifiées (figure 4) est interstratifié avec le grès, le siltstone et l'ardoise grise. Nous distinguons également le conglomérat intraformationnel de l'ardoise à cailloux et à blocs d'après la composition des fragments et de la matrice. Contrairement au mélange de Saint-Daniel, le conglomérat intraformationnel ne contient jamais de fragments calcaires et sa matrice est grise et sériciteuse alors que celle du mélange est noire et graphiteuse.

Au nord de la rivière Saint-François, le long du ruisseau Willow, affleure une calcarénite laminée interlitée avec une ardoise graphiteuse (unité 14c). L'érosion en milieu marin d'une partie de ces turbidites calcaires pourrait avoir fourni les fragments carbonatés trouvés en grand nombre dans le mélange de Saint Daniel, en particulier le long de la rivière Saint-François au NW de Windsor. Nous avons échantillonné les turbidites calcaires dans l'espoir de trouver des conodontes. Cependant, notre recherche en ce sens n'a pas porté fruit (annexe 1) par conséquent, l'âge du SD demeure problématique. St-Julien et Hubert (1975)

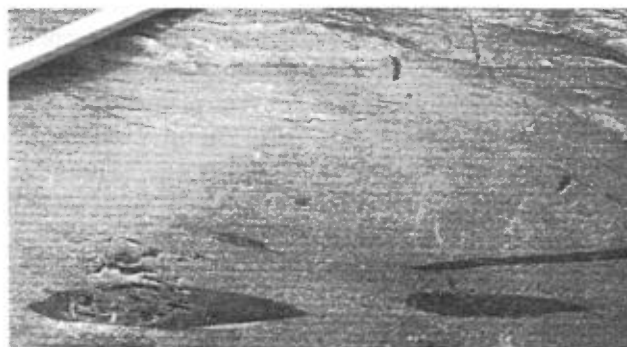


FIGURE 3 – Grès avec fragments d'ardoise du Complexe structural de Saint-Daniel (affleurement le long de la rivière St-François, au NW de Windsor).



FIGURE 4 – Brèche synsédimentaire du Complexe structural de Saint-Daniel (affleurement le long de la rivière Saint-François, au NW de Windsor).

ont proposé un âge Ordovicien inférieur en présumant une discordance angulaire entre le SD et le Groupe de Magog qui contient une faune à graptolites de l'Ordovicien moyen, *N. gracilis* et *D. multident* (Riva, 1974).

Groupe de Magog (unités 15a, 15b et 16)

Le Groupe de Magog tel que redéfini récemment (Cousineau, 1987) comprend quatre formations qui sont de la base au sommet les Formations de Frontière, (pas sur la présente carte) d'Etchemin (unité 15a), de Beauceville (unité 15b) et de Saint-Victor (unité 16). Ces unités représentent des dépôts d'avant-arc formés sur le SD.

Dans la région de Windsor, une unité volcanoclastique appelée trachyte sur la carte de compilation géologique de l'Estrie-Beauce (Slivitsky et St-Julien, 1987), conformément à l'interprétation de Cooke (1956), regroupe des lithologies apparentées à deux de ces formations: l'Etchemin et le Beauceville. Nous corrélons le tuf felsique gris foncé remanié et le mudslate cherteux gris foncé avec la Formation de

Beauceville (unité 15b). Nous corrélons par ailleurs le tuf felsique vert remanié et très schisteux qui affleure dans le secteur de Saint-François-Xavier-de-Brompton avec la Formation d'Etchemin (unité 15a) (Cousineau, communication personnelle, 1988). Nos analyses géochimiques montrent que les volcanoclastites de l'Etchemin (annexe 3; analyses 8-06 et 8-07) sont plus pauvres en silice et plus riches en fer total, en MgO et en MnO que celles du Beauceville (annexe 3; analyses 8-02, 8-03, 8-11, 8-20). De plus, nous avons observé au microscope polarisant en lumière naturelle dans ces deux unités, des amas radiaux de stilpnomélane vert ou brun selon le degré d'altération.

Les volcanoclastites exposées à Windsor présentent en outre de remarquables structures sédimentaires (figure 5) semblables à celles conservées dans les grès du Groupe de Caldwell et du Complexe de Saint-Daniel: laminations parallèles, granoclassement normal et figures de déformation de type *slump*. Ces structures sédimentaires suggèrent un dépôt contrôlé par des courants de turbidité.

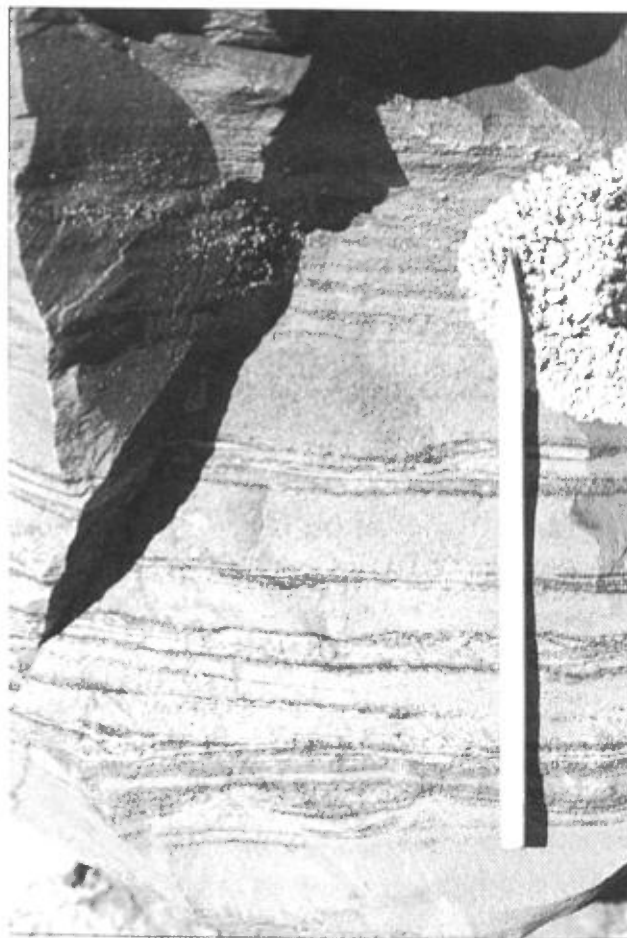


FIGURE 5 – Volcanoclastite laminée (unité 15b) du Groupe de Magog (affleurement situé sur la rive sud de la rivière Saint-François, à Windsor).

Dans le secteur de Windsor, la discordance au contact entre le mudslate gris foncé (unité 15b) que nous corrélons à la Formation de Beauceville et le Complexe de Saint-Daniel (unité 14) est peu apparente.

La Formation de Saint-Victor (unité 16) apparaît seulement dans le secteur SE de la carte. C'est une ardoise graphiteuse qui ressemble à la matrice du mélange de Saint-Daniel par sa composition, sa granulométrie et sa couleur. Elle s'en distingue par de fines laminations soulignées par des variations de teinte, par la présence de lits d'ardoise gréseuse contenant jusqu'à 10 ou 15 % de grains de quartz ainsi que par l'absence de fragments.

Cette roche affleure peu dans les limites du feuillet cartographié. Par contre, elle occupe tout le secteur NW du feuillet topographique adjacent, Sherbrooke (21E/05-200-0201) où a été établie la corrélation avec la Formation de Saint-Victor du Groupe de Magog (Tremblay; en préparation).

Unité felsique informelle (unité 17)

Un métatuf rhyolitique (unité 17) parfois laminé et contenant des blocs probablement d'origine pyroclastique affleure à deux endroits dans la partie sud de la carte de Windsor. Nous en faisons une unité informelle distincte du COA afin de souligner sa composition géochimique informelle.

Géologie structurale

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord les éléments structuraux planaires et linéaires par domaine structural. Les mesures sont représentées sur canevass stéréographique équiaire (figure 6) et les attitudes préférentielles des éléments structuraux pour chaque domaine sont données au tableau 5. Lorsque nous disposons de 50 mesures ou plus pour un élément structural nous présentons nos données sous forme de diagrammes de contours de densité. Par la suite, nous intégrons ces données aux différentes phases de déformation.

Analyse structurale

Les symboles représentant les éléments structuraux pouvant varier d'un auteur à l'autre, voici la liste des symboles utilisés, accompagnée de courtes notes explicatives.

ÉLÉMENTS STRUCTURAUX PLANAIRES

- S₀ – Plan de stratification.
 – Contact lithologique.
- S₂ – Lamination métamorphique bien développée dans le schiste à quartz, mica blanc et chlorite (unité 10) de la Suite de Sutton.
 – Clivage ardoisier, lamination métamorphique ou clivage espacé ou anastomosé dans les autres unités.
- S₃ – Clivage de crénulation plissant S₂, rarement schistosité pénétrative.
- P₁, P₂, P₃ – Plis de 1°, 2° et 3° phase.
- Pax 1, 2, 3 – Plans axiaux des plis P₁, P₂ et P₃.

ÉLÉMENTS STRUCTURAUX LINÉAIRES

- πS_0 , πS_2 , πS_3 – Pôles des plans S₀, S₂ et S₃.
- β_2^0 , β_3^0 , β_3^2 – Axes de plissement P₂, P₃. (déterminés statistiquement)
- B_3^2 – Axes de plis mineurs P₃. (mesurés)
- L_2^0 , L_3^2 – Linéation d'intersection entre S₂ et S₀ (mesurée) S₃ et S₂ (mesurée)
- L min – Linéation minérale mesurée sur S₂.

AUTRES SYMBOLES

- D₁, D₂, D₃ – Phases de déformation 1 à 3.

Domaines structuraux

La région de Windsor a été divisée en sept domaines structuraux dont les limites apparaissent sur la carte géologique de Windsor. Les attributs utilisés pour définir ces domaines sont l'attitude de S₀ et de S₂. Le domaine 1 correspond à l'aire occupée par les unités du Groupe d'Oak Hill sur le flanc NW de l'ASE. Le domaine 2 correspond au Groupe d'Oak Hill sur le flanc SE de l'ASE. La Suite métamorphique de Sutton constitue le domaine 3, et le Groupe de Caldwell le domaine 4. Les domaines 5 à 7 correspondent à des subdivisions du Complexe structural de Saint-Daniel et du Groupe Ode Magog. Le Complexe ophiolitique d'Asbestos n'est inclue dans aucun domaine étant donné l'absence des attributs S₀ et S₂.

DOMAINE 1

Le domaine 1 équivaut aux formations du Groupe d'Oak Hill qui apparaissent sur le flanc NW de l'ASE.

Sur le premier diagramme du domaine 1, la répartition des πS_0 (figure 6) montre un maximum allongé correspondant à un plan moyen S₀ orienté N226°/60° (non tracé) et deux axes de plissement à N022°/27° et N035°/20°. L'axe de plissement à N022°/27° étant inclue dans le plan S₂ moyen sur le deuxième diagramme à N220°/60° et l'axe de plissement à N035°/20° étant inclue dans le plan S₃ moyen à N033°/81°, du troisième diagramme, nous considérons qu'il s'agit respectivement de β_2^0 et β_3^0 .

Sur le deuxième diagramme du domaine 1, la répartition des πS_2 similaire à celle des πS_0 donne un maximum allongé, une attitude préférentielle de S₂ à N220°/60° et un axe de plissement β_3^2 à N033°/12° proche de l'intersection des plans moyens S₂ et S₃ à N033°/13°. Cette attitude est identique à celle du maximum des L_3^2 établie statistiquement à partir de 99 mesures. D'autre part, l'attitude moyenne des B_3^2 à N020°/28° est plus proche de l'attitude de β_2^0 que de β_3^2 . Cette anomalie statistique s'explique probablement par le petit nombre de mesures d'axes de plis mineurs disponibles sur le terrain et par la grande dispersion de ces mesures dans les quadrants NE, NW et SW. Finalement, la répartition des πS_3 indique une dispersion concentrique et un plan moyen S₃ orienté à N033°/81°.

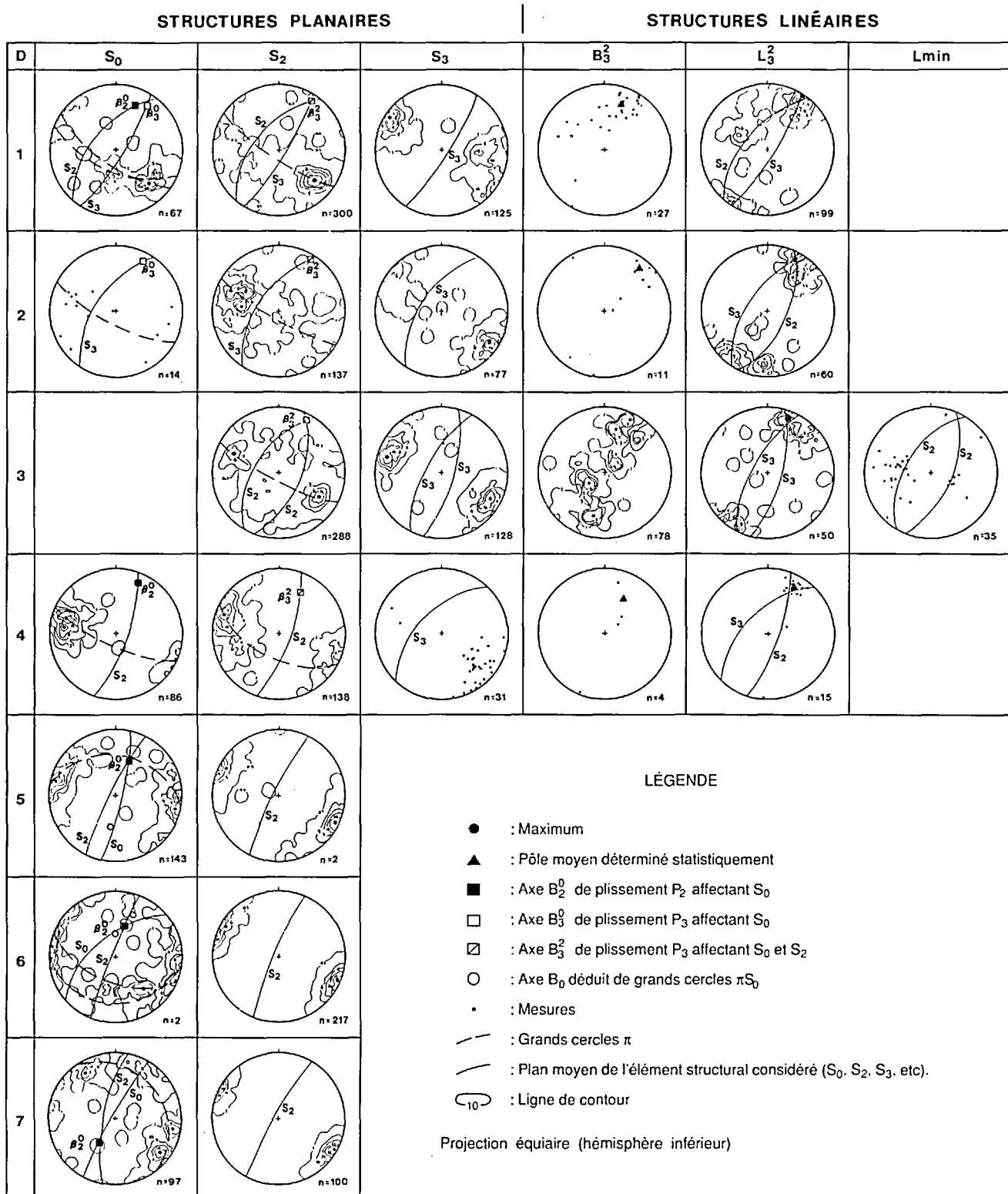


FIGURE 6 – Compilation stéréographique des données structurales. Les arcs de cercles en trait plein représentent un plan moyen de l'élément structural considéré S_0 , S_2 et S_3 . Ceux qui représentent un autre élément structural sont identifiés par le symbole correspondant. Le nombre de mesures est inscrit en bas et à droite de chaque stéréogramme. Les grands cercles πS_0 , πS_2 et πS_3 sont tracés en tiretés. Les maximums sont indiqués par des points noirs. Les autres symboles correspondent soit à des axes de plissement β déterminés statistiquement ou des orientations moyennes statistiques mesurées. Les autres symboles sont ceux décrits dans l'introduction du chapitre structural (D = domaine). Pour une figure agrandie voir hors-texte.

TABLEAU 5 – Attitudes préférentielles des éléments structuraux planaires et linéaires par domaine structural.

D	STRUCTURES PLANAIRES			STRUCTURES LINÉAIRES						
	S ₀	S ₂	S ₃	β_2^0	L ₂ ⁰	β_3^0	β_3^2	B ₃ ²	L ₃ ²	L min
1	N226°/60°*	N220°/60°*	N033°/81°*	N022°/27°*	N298°/50°*	N035°/20°	N033°/12°*	N020°/28°	N033°/13°*	
2	N019°/60°*	N023°/67°* N031°/49° N008°/48°	N213°/64°*		N038°/30°*	N026°/15°*	N031°/09°*	N039°/17°	N030°/10°*	
3		N211°/59°* N023°/63°	N016°/74°* N208°/71°				N028°/09°*	N194°/33° N237°/67° N015°/35° N025°/11°*	N020°/11°* N032°/06°	N117°/63°* N282°/48°*
4	N018°/68°* N008°/68°	N020°/76°*	N224°/60°*	N024°/16°*			N027°/29°*	N028°/39°	N028°/19°	
5	N013°/81°* N182°/82°	N206°/83°*		N021°/44°*						
6	N202°/86° N229°/63°*	N202°/84°*		N358°/61° N023°/33° N018°/48°*						
7	N217°/72° N190°/76°* N057°/71°	N209°/84°*		N224°/53°*						

* Mesure la plus représentative

NOTE: N226°/60° = direction / pendage
(azimuth / vers la droite)

Toujours dans ce domaine, l'attitude des πS_0 et des πS_2 indique une vergence des plis P₂ vers le SE, une direction et un faible plongement vers le NE à N022°/27°. L'attitude du clivage de crénulation S₃ suggère des plis P₃ sub-verticaux, plongeants au NE à N033°/12°. Bien que les deux phases de plissement P₂ et P₃ plongent au NE, elles ne sont pas exactement coaxiales, la direction entre les axes β_2^0 et β_3^2 variant de 11° et leur plongée de 15°. De plus, les schistosités S₂ et S₃ sont inclinées respectivement au NW et au SE. Le style structural résultant de la superposition de P₃ sur P₂ produit des plis replissés, qui s'approchent du type 3 de Ramsay (1967).

DOMAINE 2

Le domaine 2 correspond aux formations du Groupe d'Oak Hill situées sur le flanc SE de l'ASE.

Sur le premier diagramme du domaine 2, les πS_0 montrent une dispersion semblable à celle des πS_2 . Compte tenu du petit nombre de données disponibles (n=14), la meilleure estimation de l'attitude du plan moyen de S₀ est N019°/60° (non tracé) et il est possible de définir un axe de plissement β_3^0 à N026°/15°.

La répartition des πS_2 indique trois attitudes préférentielles de S₂ (non tracées) à N023°/67°, N031°/49° et N008°/48° ainsi qu'un axe de plissement β_3^2 à N031°/09°. Cet axe de plissement est proche du

maximum des L₃² à N030°/10° qui coïncide avec l'intersection des plans S₂ et S₃ moyens. L'autre maximum à N038°/30° pourrait être un L₂⁰ plutôt qu'un L₃² puisqu'il apparaît sur le plan S₂ orienté à N023°/67° et qu'il n'apparaît pas sur S₃. Cette interprétation souligne la difficulté de distinguer les linéations L₃² et L₂⁰ sur le terrain. L'attitude moyenne des B₃² à N039°/17° est peu significative car cet axe défini à partir de seulement 11 données n'est contenu sur aucun des plans préférentiels S₂ et S₃. Par conséquent, le stéréogramme des L₃² est plus cohérent avec la dispersion des πS_2 et πS_3 que celui des B₃².

Finalement, les πS_3 montrent un maximum allongé et un plan S₃ moyen à N213°/64°, dont le pendage est inversé relativement au domaine 1.

En conclusion, l'inversion du pendage de S₂ entre les domaines 1 et 2 résulte d'un plissement majeur ayant produit l'ASE: une antiforme P₃ contemporaine à S₃ et plongeant légèrement à N031°/09°. De plus, le clivage S₃ s'étant développé en éventail de part et d'autre du plan axial de l'ASE, ce pli pourrait s'être formé au dessus d'une rampe empruntée par une faille de chevauchement sub-horizontale pour changer de niveau stratigraphique (Suppe, 1985). C'est ce modèle qui a été retenu pour construire la coupe A-A1 (carte no 2161-B).

DOMAINE 3

Le domaine 3 regroupe les schistes de la Suite de Sutton affleurant dans la partie SW de la région, ce qui correspond à la zone axiale de l'ASE.

La première surface de référence préservée dans ces roches est une lamination métamorphique particulièrement bien développée dans l'unité de schiste à quartz, mica blanc et chlorite (unité 10). Nous relierons cette lamination métamorphique avec S2 car nous estimons que la Suite de Sutton plus métamorphisée que le Groupe d'Oak Hill provient d'un niveau structural plus profond. Ainsi l'attitude similaire de la schistosité S2 dans les domaines 1, 2 et 3, bien que ne constituant pas une preuve en soit, semble appuyer cette hypothèse. Deux schistosités S3 et S4 (non sur le diagramme) recoupent la lamination métamorphique S2. La schistosité S3 est un clivage espacé que nous corrélons avec le clivage de crénulation du Groupe d'Oak Hill et S4 est un clivage de crénulation rarement observé dont l'attitude aléatoire n'est par rapportée ici.

L'analyse structurale du domaine 3 montre une large dispersion des πS_2 sur un grand cercle, avec deux maximums qui correspondent à des plans moyens S2 à N211°/59° et N023°/63° et un axe de plissement β_3^2 à N028°/09° très proche des valeurs obtenues pour les domaines 1 et 2, ce qui est compatible avec notre relation aux plans S2.

Les attitudes préférentielles de S3 à N016°/74° et N208°/71° qui ressortent clairement sur le canevas stéréographique résultent de la dispersion en éventail de S3 dont nous avons fait mention préalablement, dans la description du domaine 2.

Le plongement des axes de plis mineurs B_3^2 varie énormément, ce qui se traduit par quatre orientations préférentielles à N194°/33°, N237°/67°, N015°/32° et N025°/11°. Le regroupement des linéations L_3^2 autour d'un maximum à N020°/11° contraste avec la dispersion des B_3^2 . Cette dernière valeur est très proche des L_3^2 des domaines 1 et 2 et de l'axe β_3^2 à N028°/09°.

Une linéation minérale (Lmin) formée de tiges de quartz sur la schistosité S2 est également observée dans l'unité du schiste à quartz, mica blanc et chlorite de la Suite de Sutton (figure 7). Cette linéation plissée par P3 est pré ou syn-D2. Deux attitudes préférentielles se dégagent de la dispersion stéréographique des tiges de quartz à N117°/63° et à N282°/48°.

En résumé, le domaine 3 se distingue surtout des domaines 1 et 2 par l'intensité de la lamination métamorphique S2, qui oblitère S0. Ce même S2, dans le Groupe d'Oak Hill, accompagne un plissement qui produit un rétrocharriage vers le SE mais son influence est alors relativement modeste puisque la stratification S0 est préservée. Par ailleurs, l'axe de plissement β_3^2 du domaine 3 a une attitude similaire à celle des



FIGURE 7 – Tiges de quartz sur S2 dans l'unité de schiste à quartz, séricite et chlorite (unité 10) de la Suite de Sutton (affleurement en bordure est de la route 243, 1,1 km au sud de l'intersection avec le chemin Baker).

domaines 1 et 2. Finalement, comme dans les domaines 1 et 2, la dispersion en éventail des πS_3 pourrait impliquer un transport tectonique vers le NW dont l'importance reste à démontrer.

DOMAINE 4

Le domaine 4 correspond à la bande du Groupe de Caldwell. Celle-ci est beaucoup moins métamorphisée et peu plissée comparativement à la Suite de Sutton.

En projection stéréographique les πS_0 dessinent une amorce de dispersion dont se dégagent deux maximums représentant des plans S0 moyens (non tracés) à N018°/68° et N008°/68°, et un axe de plissement β_2^0 à N024°/16°. L'orientation de cet axe est identique à celui de l'intersection des plans moyens S0 à N018°/68° et S2 à N020°/76°.

La schistosité la plus ancienne de la bande de Caldwell est un clivage ardoisier que nous corrélons au S2 des domaines 1, 2 et 3. Le stéréogramme des πS_2 définit une dispersion allongée semblable à celle des πS_0 et un S2 moyen à N020°/76°. L'amorce de dispersion des πS_2 sur un grand cercle π suggère un axe de plissement β_3^2 à N027°/29°, intermédiaire entre la linéation moyenne L_3^2 à N028°/19° et le B_3^2 moyen établi par la dispersion de seulement quatre mesures à N028°/39°.

Les πS_3 sont concentrés dans le quadrant SE où ils définissent un plan S3 moyen à N224°/60°.

En résumé, conformément à la situation prévalant dans les domaines 1, 2 et 3, les axes de plissement β_2^0 et β_3^2 plongent au NE. Cependant, le plongement des axes de plissement β_2^0 et β_3^2 du domaine 4 varie respectivement de 11° et 17° avec les axes équivalents du domaine 1.

Les éléments structuraux planaires du domaine 4 montrent tous une amorce de dispersion et l'attitude de

S2 semble contrôlée par la déformation D3. Dans les limites du secteur cartographié, l'absence de plissement important dans le Groupe de Caldwell est la principale caractéristique qui le distingue des domaines précédents.

DOMAINE 5

Le domaine 5 correspond à une large bande du Complexe de Saint-Daniel et du Groupe de Magog située à l'est du Complexe ophiolitique d'Asbestos et au sud de la route 55.

En projection stéréographique, la dispersion des πS_0 définit un grand cercle π et deux orientations préférentielles des plans S_0 à $N013^\circ/81^\circ$ et à $N182^\circ/82^\circ$ (non tracée). Le pôle de ce grand cercle à $N189^\circ/50^\circ$ est très proche de l'intersection des plans moyens S_0 .

Le plan de schistosité régional que nous appelons S2 a une attitude moyenne de $N206^\circ/83^\circ$. Cependant, ce plan de schistosité ne contient pas le pôle de πS_0 qui est orienté à $N189^\circ/50^\circ$. L'intersection de S2 avec le plan moyen S_0 à $N013^\circ/81^\circ$ produit plutôt une intersection β_2^0 à $N021^\circ/44^\circ$, ce qui suggère un plongement des plis P2 au NE. Nous estimons que le pôle du grand cercle πS_0 à $N189^\circ/50^\circ$ pourrait représenter une déformation antérieure D1 au sujet de laquelle nous ne possédons que très peu de données.

DOMAINE 6

Le domaine 6 correspond à une bande du Saint-Daniel et du Groupe de Magog située dans la partie NE de la carte de Windsor.

La dispersion des πS_0 est telle qu'il est possible de définir indépendamment deux grands cercles π et deux orientations préférentielles des plans S_0 à $N202^\circ/86^\circ$ (non tracé) et à $N229^\circ/63^\circ$. Les pôles des deux grands cercles à $N023^\circ/33^\circ$ et à $N358^\circ/61^\circ$ sont situés de part et d'autre de l'intersection des plans moyens S_0 à $N018^\circ/48^\circ$. Toutefois, seule cette dernière intersection est également sur S2, dont le plan moyen est orienté $N202^\circ/84^\circ$. Par conséquent, nous considérons que β_2^0 dans le domaine 6 est orienté à $N018^\circ/48^\circ$.

En résumé, le plan de schistosité S2 est identique à celui du domaine 5 et est subparallèle à l'attitude de l'un des deux plans moyens S_0 à $N202^\circ/86^\circ$. De plus, la plongement au NE de l'axe de plissement β_2^0 atteint 48° .

DOMAINE 7

Le domaine 7 correspond à une bande du Saint-Daniel et du Magog située dans la partie SE de la carte de Windsor.

La dispersion des πS_0 définit un grand cercle π et trois orientations préférentielles des plans S_0 à $N217^\circ/72^\circ$ (tracée), $N190^\circ/76^\circ$ et $N057^\circ/71^\circ$.

La dispersion des πS_2 donne un plan moyen orienté $N209^\circ/84^\circ$, très près des valeurs obtenues pour les domaines 5 et 6.

Pour préciser l'attitude de l'axe de plissement β_2^0 , nous avons utilisé conjointement la dispersion des πS_0 ainsi que l'intersection entre les plans moyens S_0 et S2. L'axe de plissement β_2^0 déterminé de cette façon plonge au SW à $N224^\circ/53^\circ$. Cette orientation de β_2^0 est caractéristique du domaine 7.

CONCLUSIONS

L'analyse structurale met en évidence les différences tectoniques majeures entre le Groupe d'Oak Hill, la Suite de Sutton, le Groupe de Caldwell, le Complexe structural de Saint-Daniel et le Groupe de Magog.

Elle a permis de distinguer sept domaines, trois épisodes de déformations majeures D1, D2 et D3 dans les unités situées à l'ouest du COA et 2 épisodes D1 et D2 dans les unités situées à l'est du COA.

À l'ouest du COA, les plis P1 mal préservés sont mis en évidence par le motif de dispersion des unités stratigraphiques. L'intensité de S2 est moindre dans le Groupe d'Oak Hill que dans la Suite de Sutton et ce sont les plis P2 et P3 faiblement plongeants qui contrôlent la répartition des lithologies dans ces unités. Le Groupe de Caldwell n'est pas affecté de plissement majeur. Il est plutôt découpé en segments comme le COA dont la dispersion des lithologies est contrôlée par des failles.

La déformation du Saint-Daniel et du Groupe de Magog, beaucoup moins intense que celle des unités à l'ouest du COA, est caractérisée par un fort plongement au NE et au SW des axes de plissement de l'ordre de 45° . La déformation du Saint-Daniel et du Groupe de Magog est reliée à l'orogénèse acadienne (Cousineau; 1987, Tremblay, 1989). Toutefois, la corrélation des déformations de part et d'autre de la ligne Brompton-Baie Verte pose encore de nombreuses difficultés.

Phases de déformation

Une première phase de déformation D1, probablement responsable du transport tectonique vers le NW, se manifeste par une schistosité S1 parallèle à S_0 , observée hors des limites de la région de Windsor (Marquis, 1989) au flanc normal de l'AMP, en bordure de la rivière Ulverton. Cette déformation D1 a produit également un plissement P1 mis en évidence dans la Formation de Melbourne (unité 8), dans la zone axiale de l'ASE, un synclinal P1 dont la trace axiale suit la bande de la Formation de Melbourne et qui est repris à la fois par P2 et P3.

Une seconde phase D2 a produit la schistosité pénétrative S2, les plis isoclinaux P2 déversés vers le SE ainsi que des failles de chevauchement correspondant à des

zones de mylonites (figure 8). Un pli régional majeur, l'anticlinal du mont Pinnacle, compte parmi les plis P₂ qui contrôlent la répartition des lithologies dans le secteur ouest de la région (domaines 1 et 2). L'intensité de la déformation D₂ est maximum dans les schistes de la Suite de Sutton où S₂ est une lamination métamorphique qui oblitère complètement S₀ (figure 9). Cette déformation est synchrone ou postérieure à la juxtaposition du Groupe d'Oak Hill et de la Suite de Sutton puisque le schiste à talc (unité 9) qui longe ce contact est fortement affecté par S₂.

Un rétrocharriage contemporain à la déformation D₂ est mis en évidence par des linéations minérales constituées d'un placage de chlorite ou de mica blanc sur les plans de schistosité S₂ dans le schiste à chlorite de la Formation de Tibbit Hill (Marquis, 1989).

La déformation D₃ produit des plis P₃ droits et faiblement plongeants reliés à un clivage de crénulation S₃. Le plongement de l'axe de plissement β_3^2 varie selon les unités affectées. Il est d'environ 10° dans le Groupe d'Oak Hill et dans la Suite de Sutton, et il atteint 29° dans le Groupe de Caldwell.

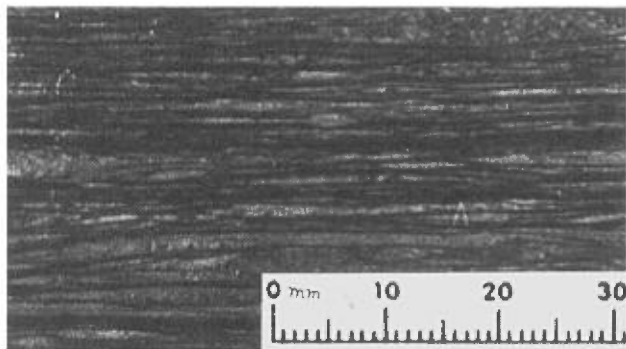


FIGURE 8 – Mylonite produite par l'aplatissement et la transposition des lits de grès de la Formation de Sweetsburg dans une zone de cisaillement parallèle aux P_{ax2} et à la schistosité S₂ (affleurement situé le long du chemin Nadeau, près de la limite NW de la carte).

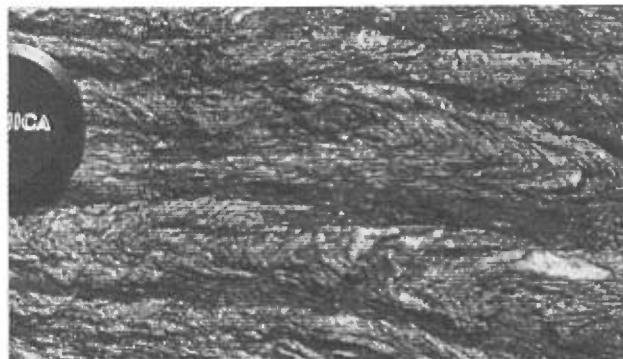


FIGURE 9 – Métagrès à mica blanc, albite, chlorite et magnétite (unité 11) de la Suite de Sutton montrant la lamination métamorphique S₂ plissée par le clivage S₃ (affleurement situé sur le chemin Baker, à 1,6 km de l'intersection avec la route 243).

Les plis P₃ affectent la schistosité S₂ de façon significative surtout dans les domaines 2 et 3. Dans la zone axiale de l'ASE, un pli majeur P₃, la schistosité S₃ devient parfois une schistosité pénétrative. À l'échelle régionale, la schistosité S₃ montre une dispersion en éventail de part et d'autre de la trace axiale de l'ASE, phénomène qui indique que ce plissement pourrait s'être formé au-dessus d'une rampe empruntée par une faille de chevauchement subhorizontale pour changer de niveau stratigraphique.

Failles et zones de cisaillement

Le Complexe ophiolitique d'Asbestos est affecté par un cisaillement qui le découpe en segments lenticulaires, bordés par des failles. Ce cisaillement affecte également le Groupe de Caldwell où il produit des zones très schisteuses, souvent plissées et injectées de veines de quartz. À cet endroit, la stratification et les autres structures sédimentaires sont alors complètement oblitérées. Cependant, entre les cisaillements, la déformation est minime et les structures sédimentaires telles le granoclassement, les laminations parallèles et les chenaux d'érosion sont alors bien conservées.

Certaines zones de cisaillement sont marquées par des amas de roches ignées mafiques et ultramafiques: péridotite, pyroxénite ou gabbro. Parfois un mélange ophiolitique à matrice schisteuse borde les copeaux du Complexe ophiolitique d'Asbestos et du Groupe de Caldwell. La faille de Kingsbury qui sépare les Groupes d'Oak Hill et de Caldwell, ainsi que la ligne Brompton-Baie Verte qui sépare le Complexe ophiolitique d'Asbestos du Groupe de Caldwell, forment des vallées très encaissées, souvent recouvertes de dépôts meubles.

Dans la région étudiée, le contact entre les Groupes d'Oak Hill et de Caldwell montre à l'échelle de la carte une troncature des formations de Gilman, de Sweetsburg et de Melbourne, ainsi que des copeaux de roches ignées mafiques et ultramafiques. Les roches ultramafiques le long de ce contact sont similaires à celles qui bordent certaines failles dans le Groupe de Caldwell. Le contact entre les Groupes d'Oak Hill et de Caldwell n'est pas plissé. Il est toutefois déplacé systématiquement par un réseau de failles N-S qui ne se prolongent pas à travers les lithologies du Groupe d'Oak Hill. Même s'il n'a pas été possible de faire des observations directes, nous considérons que l'hypothèse la plus probable consiste à interpréter les failles N-S comme des failles d'extension qui relient entre eux des segments de la faille principale dont une composante de mouvement serait alors en cisaillement senestre. Nous n'avons pas d'évidence directe pour appuyer cette interprétation.

Des failles tardives dont nous n'avons pas traité ici sont connues également dans les Groupes d'Oak Hill et de Caldwell et dans le Complexe ophiolitique d'Asbestos (Marquis, 1989).

Géologie économique

Les indices d'amiante, de cuivre et de fer de la région de Windsor sont connus depuis longtemps. La présence de talc est également rapportée dans les fiches de gîte du MER. Selon l'étude de Gauthier *et al.*, (1985), la région de Windsor possède également un potentiel en métaux précieux puisque le cuivre y est associé à l'argent. Nos travaux ont permis notamment de relocaliser une ancienne mine d'argent (production artisanale), la Denman Silver, qui a exploité une veine de quartz à galène argentifère, d'épaisseur métrique, recoupant le calcaire de la Formation de Melbourne du Groupe d'Oak Hill.

Durant la première moitié du XX^e siècle, d'importantes carrières d'ardoise, en particulier celles de New Rockland (FG31H/09-057) et de Melbourne (FG31H/09-064) (Waddington, 1969), ont été exploitées avec profit. Le potentiel régional est encore considérable, et notre levé a démontré l'extension NE de ces ardoises, qui représentent un secteur économique aujourd'hui abandonné.

Actuellement, l'essentiel de l'activité minérale du secteur est concentrée sur l'exploitation d'importants dépôts de sable et de gravier qui longent la rivière Saint-François à l'ouest de la municipalité de Windsor.

Répertoire des indices minéralisés

Les indices minéralisés décrits dans cette section sont localisés et identifiés par les deux chiffres qui suivent le découpage SNRC 31H/09 sur la carte géologique qui accompagne le présent rapport.

- 31H/09-055 Cu Fe **Indice Balrath**
Veine de malachite, bornite, chalcosine et hématite disséminées, recoupant à N050°/50° un schiste à chlorite de la Formation de Tibbit Hill (unité 1) du Groupe d'Oak Hill.
- 31H/09-057 Ardoise **Carrière New Rockland**
Carrière abandonnée d'ardoise gris foncé dans le Complexe structural de Saint-Daniel (unité 14). Longueur 150 m, largeur 60 m, profondeur 50 m. Orientation: N060°/75°.
- 31H/09-058 Amiante **Kingsbury-sud**
Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13). Forme indéterminée contrôlée par des fractu-

res. Anomalie aéromagnétique positive orientée au NE.

- 31H/09-059 Talc **Kingsbury**
Copeau de péridotite serpentinisée dans un schiste à chlorite du Groupe de Caldwell (unité 12). Largeur 1 m. Anomalie aéromagnétique négative orientée au NE.
- 31H/09-060 Amiante **Kingsbury-est**
Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13). Forme indéterminée. Anomalie aéromagnétique positive NNE.
- 31H/09-061 Amiante **Derogan (zones A et C)**
Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13). Stockwerk. Longueur 360 m, largeur 158 m. Réserves de 27,21 Mt à une teneur de 10% d'amiante chrysotile. Anomalie aéromagnétique positive NE.
- 31H/09-062 Amiante **Derogan (zones B-1 et B-2)**
Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13). Stockwerk. Teneur 8%. Anomalie aéromagnétique positive NNE.
- 31H/09-063 Amiante **Derogan (zones E et D)**
Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13). Forme indéterminée. Anomalie aéromagnétique positive.
- 31H/09-064 Ardoise **Carrière Melbourne ou Walton**
Carrière abandonnée d'ardoise gris foncé du Complexe structural de Saint-Daniel (unité 14). Longueur 200 m, largeur 60m, profondeur 30 m. Orientation: N035°/80°.
- 31H/09-065 Amiante **Derogan (zone F)**
Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13). Forme indéterminée. Anomalie aéromagnétique positive NNE.

31H/09-066 Ardoise **Carrière Steele
ou Bédard**

Carrière abandonnée d'ardoise gris argenté à gris foncé du Complexe structural de Saint-Daniel (unité 14). Longueur 15 m, largeur 15 m. Orientation N030°/80°.

31H/09-070 Cuivre **Mine Ely Copper**

Bornite et chalcopryrite disséminée dans un schiste à chlorite, calcite et ankérite de la Suite de Sutton (unité 10). Prospect avec affleurement et puits.

31H/09-071 Amiante **Kingsbury - SSO**

Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophiolitique d'Asbestos (unité 13). Forme indéterminée contrôlée par des fractures. Anomalie aéromagnétique positive NNE.

31H/09-072 Amiante **New Rockland**

Chrysotile massive dans une péridotite serpentinisée du Complexe ophioliti-

que d'Asbestos (unité 13). Lentille. Anomalie aéromagnétique positive NNE.

31H/09-073 Cuivre **Saint-François-Xavier-
de-Brompton**

Chalcopryrite disséminée au contact entre une péridotite serpentinisée (unité 13) et un tuf felsique (Formation d'Etchemin: unité 152). Stockwerk dans une zone de cisaillement orientée N208°/78. Teneur d'un échantillon choisi: 6%.

31H/09-076 Argent **Mine Denman**

Veine de quartz minéralisée en galène argentifère, recoupant le calcaire graphiteux de la formation de Melbourne (unité 8). Ancien producteur.

n.d.

Talc **Indice avec
affleurement**

Schiste à talc et trémolite près du contact entre la Formation de Sweetsburg (unité 7) et le schiste à quartz, mica blanc et chlorite (unité 10).

Discussion et recommandations

Synthèse géologique

La ligne Brompton-Baie Verte (BBL) divise la région de Windsor en deux segments qui appartiennent respectivement aux zones de Humber à l'ouest, et de Dunage à l'est.

À l'ouest de la BBL, les dépôts les plus anciens se sont mis en place sur un socle grenvillien. L'unité de base du Groupe d'Oak Hill, la Formation de Tibbit Hill, contient un schiste à chlorite dont la composition transitionnelle suggère une mise en place durant l'épisode de *rifting* précurseur d'Iapétus, il y a 554 Ma.

Les dépôts de *rift* du Groupe d'Oak Hill sont recouverts sans discordance apparente par des dépôts de plateforme continentale, détritiques puis carbonatés. L'unité sommitale du Groupe d'Oak Hill, la Formation de Melbourne, date de la fin de l'Ordovicien inférieur. Le Groupe d'Oak Hill correspond également à une régression marine importante couvrant probablement tout le Cambrien moyen, ce qui se traduit par une discordance d'érosion entre les Formations de Dunham (unité 6) et de Sweetsburg (unité 7).

Une unité adjacente au Groupe d'Oak Hill, le Groupe de Caldwell, est représentée par une séquence de turbidites qui pourrait s'être mise en place sur le talus ou le glacis continental durant cette régression marine. Les basaltes océaniques du Caldwell décrits et analysés en Beauce sont absents dans la région de Windsor.

Une troisième unité stratigraphique importante, la Suite métamorphique de Sutton apparaît dans la partie SW de la région entre les Groupes d'Oak Hill et de Caldwell. Le lien stratigraphique entre le Sutton, l'Oak Hill et le Caldwell est mal établi. Cependant la composition tholéiitique des schistes à chlorite de la Suite de Sutton (unité 9), ainsi que leur interstratification avec des schistes métasédimentaires à quartz et séricite (unité 10), suggèrent un basalte de fond océanique, plus jeune que le Tibbit Hill.

Selon nous, les schistes de la Suite de Sutton pourraient être équivalents latéralement aux Formations de Gilman (unité 5) et de Sweetsburg (unité 7) du Groupe d'Oak Hill. Cependant, le Caldwell (unité 12) s'étant mis en place durant l'intervalle de temps qui sépare ces deux formations, il est possible également qu'une partie des schistes de Sutton soit du Caldwell métamorphisé.

Nous corrélons les schistosités identifiées dans les Groupes d'Oak Hill et de Caldwell et dans la Suite de Sutton en tenant compte des niveaux structuraux d'où proviennent ces unités, qui ont subi trois phases de déformation tectonique, à différents degrés.

Par ailleurs, les minéralisations présentes dans ces trois unités sont essentiellement du cuivre, de l'argent et un peu de talc.

Le Complexe ophiolitique d'Asbestos (COA) localise la BBL dans la région de Windsor. Il représente un copeau de croûte océanique obducté sur le socle grenvillien durant l'orogénèse taconienne. En surface, le COA marque la limite entre les lithologies accumulées sur un socle continental et sur un fond océanique. La minéralisation du COA en amiante, en talc, en chrome et en fer, bien connue, a fait l'objet de beaucoup de recherches dans le passé.

La première unité stratigraphique à l'est du COA est le Complexe structural de Saint-Daniel (unité 14) qui représente le prisme d'accrétion formé sur ce fond océanique. Mal daté, le Saint-Daniel regroupe plusieurs lithologies dérivées de l'érosion des unités adjacentes et des sédiments pélagiques déformés durant la construction du prisme. Ces déformations synsédimentaires pourraient expliquer certaines anomalies dans la dispersion des éléments structuraux du domaine 5. Dans l'ensemble toutefois, ces terrains sont moins déformés que ceux situés à l'ouest de la BBL.

Les volcanoclastites felsiques et les mudslates du Groupe de Magog qui reposent sans discordance apparente sur le Saint-Daniel, sont interprétés comme des dépôts d'avant-arc, déformés au cours de l'orogénèse acadienne.

Par ailleurs, le Groupe de Caldwell et le COA sont découpés en lambeaux par un grand nombre de failles NE et NW, tandis que les failles reconnues par la présence de roches ultramafiques au contact entre le Saint-Daniel et le Magog ont une orientation N-S qui recoupe le grain tectonique régional.

Recommandations

Nous proposons trois approches différentes permettant d'approfondir notre connaissance de la géologie de la région de Windsor. Premièrement, un échantillonnage systématique de la Formation de Melbourne dans le lit du ruisseau Miller, facilement accessible, serait peu coûteux et permettrait une étude approfondie de la faune à conodontes que nous y avons découverte et qui a permis de dater cette unité. Du point de vue stratigraphique, l'objectif principal de cette étude serait de corréler le Melbourne avec les unités équivalentes des Basses-Terres du Saint-Laurent et du domaine externe des Appalaches du Québec.

Deuxièmement, l'analyse structurale de la région de Windsor pourrait être complétée par une étude micro-

tectonique détaillée des principaux marqueurs cinématiques de la déformation, de part et d'autre de la BBL. Les affleurements exceptionnels situés le long de la route 55 et dans le lit de la rivière Saint-François permettraient de recueillir les observations nécessaires. Ce projet pourrait éventuellement permettre de reconnaître l'influence de la déformation acadienne à l'ouest de la BBL.

Troisièmement, l'extension de la veine de quartz minéralisée en galène argentifère de la mine Denman est actuellement inconnue. Ce type de minéralisation

peu répandue en Estrie semble prometteur puisque la zone minéralisée était assez riche en argent pour être jadis exploitée. Nous estimons que la recherche de l'extension de la mine Denman pourrait faire l'objet d'un projet spécifique qui permettrait de vérifier le potentiel argentifère de la région de Windsor.

Par ailleurs, la possibilité de remettre en valeur les importants dépôts d'ardoise de qualité industrielle du Complexe de Saint-Daniel pourrait éventuellement être envisagée.

Références

- AMBROSE, G.W., 1942 – Preliminary map, Mansonville, Quebec. Commission géologique du Canada; étude 42-1.
- _____, 1943 – Preliminary map Stanstead, Brome and Stanstead counties, Quebec. Commission géologique du Canada; étude 43-12.
- AMI, H.M., 1900 – Synopsis of the Geology of Canada. Royal Society of Canada; Procedure and Transaction; section 2; Volume 6, 200 pages.
- BOOTH, V.H., 1950 – Stratigraphy and structure of the Oak Hill succession in Vermont. Geological Society of America Bulletin; Volume 61, pages 1131-1168.
- BOUCHER, M., 1986 – Étude des minéralisations plombo-zincifères retrouvées dans la Formation de Dunham, d'âge Cambrien, dans la région de l'Estrie. Université du Québec à Montréal; mémoire de maîtrise, 161 pages.
- CADY, W.M., 1960 – Stratigraphic and geotectonic relationships in Northern Vermont and Southern Quebec. Geological Society of America Bulletin; Volume 71, pages 531-576.
- CARTER, G.F.E., 1954 – The Dunham Dolomite near St-Armand, Québec. M.Sc. Thesis, McGill University, 42 pages.
- CHARBONNEAU, J.M., 1980 – Région de Sutton (W). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DPV-681, 89 pages.
- CHRISTMAN, R.A. – SECOR, D.T.jr., 1961 – Geology of the Camels Hump quadrangle, Vermont. Vermont Geological Survey; Bulletin 15, 70 pages.
- CLARK, T.H., 1934 – Structure and stratigraphy of Southern Quebec, Geological Society of America Bulletin, Volume 45, pages 1-20.
- _____, 1936 – A lower Cambrian series from Southern Quebec. Royal Canadian Institute Transactions; Volume 21; Part 1, pages 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, (Zen, E-an. – Hadley, J.B. – Thompson J.B. – White, W.S., editors); Interscience; New York, pages 163-173.
- CLARK, T.H. – McGERRIGLE, H.W., 1944 – Oak Hill series, Farnham series and Philipsburg series. *In*: Geology of Quebec (Dresser, J.A. – Denis, T.C., editors); Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-20; volume 2, pages 386-407.
- COLPRON, M., 1989 – Rapport géologique de la région de Sutton. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec (en préparation).
- COOKE, H.C., 1937 – Thetford, Disraeli and eastern half of Warwick map area, Quebec, Commission géologique du Canada; mémoire 211, 160 pages.
- _____, 1950 – Géologie d'une partie du sud-ouest des Cantons de l'Est de la province de Québec. Commission géologique du Canada; mémoire 257, 179 pages.
- _____, 1952 – Geology of parts of Richmond and Drummondville map-areas, Eastern Townships, Quebec. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-467, 45 pages.
- _____, 1955 – An early Paleozoic orogeny in the Eastern Townships of Quebec. Geological Association of Canada; Proceedings; Volume 7; Part 1, pages 113-121.
- _____, 1956 – Géologie d'une partie du sud-ouest des cantons de l'est de la province de Québec, Commission géologique du Canada; mémoire 257, 179 pages.
- COUSINEAU, P., 1984a – L'Ordovicien entre St-Georges et Lac Etchemin, région de la Beauce. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 84-08.
- _____, 1984b – Le Cambro-Ordovicien entre St-Joseph de Beauce et St-Camille de Bellechasse. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 84-55.
- _____, 1987 – Paléogéographie et évolution tectonique d'une partie de la zone de Dunnage à l'est de la rivière Chaudière. Université Laval; thèse de Ph.D.; 270 pages.
- _____, 1990 – Le groupe de Caldwell et le domaine océanique entre Saint-Joseph-de-Beauce et Sainte-Sabine. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 87-02
- DENNIS, J.G., 1964 – The Geology of the Enosburg Area, Vermont. Vermont Development Department; Bulletin 23, 56 pages.
- De RÖMER, H.S., 1960a. – Geology of the Eastman-Orford lake area, Eastern Townships, Quebec. McGill University; Ph.D. Thesis; 397 pages.
- _____, 1960b – Geology of the Eastman-Orford lake area. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-7, 152 pages.

- _____, 1961 – Structural elements in Southeastern Quebec, Northwestern Appalachians, Canada. *Geologische Rundschau*; Volume 51, pages 268-280.
- DOLL, C.G. – CADY, W.M. – THOMPSON, J.B. jr. – BILLINGS, M.P., 1961 – Centennial geological map of Vermont. Vermont Geological Survey.
- DOOLAN, B., 1987 – Stratigraphy and structure of the Camels Hump Group along the Lamoille river transect, Northern Vermont: 79th annual meeting New England Intercollegiate Geological Conference Guidebook, pages 152-191.
- DOWLING, W.M., 1988 – Depositional environment of the lower Oak Hill Group, Southern Quebec: implications for the late Precambrian breakup of North America in the Quebec reentrant. University of Vermont; 186 pages.
- DRESSER, J.A. – DENIS, T.C., 1944 – Geology of Quebec. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-20; volume 2, 544 pages.
- EAKINS, P.R., 1964 – Sutton map-area, Quebec. Commission géologique du Canada; étude 63-34, 3 pages.
- EAKINS, P.R. – TIPHANE, M., 1962 – Shefford map-area, Shefford and Brome counties, Eastern Townships of Quebec. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-187, 145 pages.
- ELLS, R.W., 1896 – 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, volume 7; carte 571, pages 5j-103j, 126j-170j.
- FORTIER, Y.O., 1945 – Preliminary map of Orford, Eastern Townships, Quebec. Commission géologique du Canada; étude 45-8, 5 pages.
- _____, 1946 – Geology of the Orford area, Quebec. Stanford University; Ph.D. Thesis, 248 pages.
- GARIÉPY, C., 1978 – Stratigraphie et géochimie des laves Cambriennes du Groupe de Caldwell dans la région du lac Etchemin, Appalaches du Québec. Mémoire de maîtrise. Université de Montréal, 161 pages.
- GAUTHIER, M., 1985 – Synthèse métallogénique de l'Estrie et de la Beauce (secteur sud). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 85-20, 74 pages.
- _____, 1986 – Synthèse métallogénique de l'Estrie et de la Beauce, secteur centre-ouest. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 86-46, 107 pages.
- _____, 1987 – Synthèse métallogénique de l'Estrie et de la Beauce, secteur nord. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; (en préparation).
- _____, 1989 – Synthèse métallogénique de l'Estrie et de la Beauce. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; rapport final (en préparation).
- GLOBENSKY, Y., 1978 – Région de Drummondville. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RG-192, 106 pages.
- HARVIE, R., 1911 – Geology of the Orford map-area, Quebec, southern part of "serpentine belt", Bolton Township. Commission géologique du Canada; rapport de progrès, pages 286-292.
- HUBERT, C. – ST-JULIEN, P. – MARTIGNOLE, J., 1977 – Compilation géologique à l'aide des données aéromagnétiques, partie sud du Québec. Les relevés Géophysiques incorporés. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP-709, 65 pages.
- JACOBI, R.A., 1984 – Modern submarine sediment slides and their implications for mélange and the Dunnage Formation in north-central Newfoundland. In: *Mélanges: their nature, origin and significance* (Raymond, L.A., editor). Geological Society of America; Special Paper 198, pages 81-102.
- JOLLY, W.T., 1980 – Development and degradation of Archean lavas, Abitibi area, Canada, in light of major element geochemistry. *Journal of Petrology*; Volume 21, pages 323-363.
- KUMARAPELI, P.S. – DUNNING, G.R. – PINTSON, H. – SHAVER, J., 1989 – Geochemistry and U-Pb zircon age of comenditic metafelsites of the Tibbit Hill Formation, Quebec Appalachians. *Canadian Journal of Earth Sciences*; Volume 26, pages 1374-1383.
- LAMARCHE, R.Y., 1973 – Géologie du complexe ophiolitique d'Asbestos, Cantons de l'Est. Ministère des Richesses naturelles, Québec; GM-28558, 9 pages.
- LAMOTHE, D., 1979 – Région de Bolton-Centre. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV-687, 14 pages.
- LAURENT, R. – HÉBERT, R. – HÉBERT, Y., 1979 – Tectonic setting and petrological features of the Quebec appalachian ophiolites. In: *Ophiolites of the Canadian Appalachians and Soviet Urals* (Malpas, J. – Talkington, R.W., editors). Memorial University of Newfoundland; Geology Department; Report 8, pages 53-77.
- LAURENT, R. – HÉBERT, R., 1988 – The volcanic-intrusive rocks of the Quebec Appalachian ophiolites (Canada) and their Island-arc setting. *Chemical Geology*; 77, pages 287-302.
- 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, pages 5-916.

- MACKAY, B.R., 1921 – Beauceville map-area, Quebec. Commission géologique du Canada; mémoire 127, 117 pages.
- MARQUIS, R., 1984 – Stratigraphie et structure du Groupe d'Oak Hill dans la région de Richmond, comtés de Richmond et de Drummond. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 84-56; carte annotée.
- _____, 1985 – Géologie de la région de Richmond, cantons de Melbourne et Dunham, comtés de Richmond et Drummond. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 85-30, 64 pages.
- _____, 1986a – Géologie du Groupe d'Oak Hill dans la région de Richmond. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 86-08; carte annotée.
- _____, 1986b – Géologie de la région de Richmond. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 86-29; carte annotée.
- _____, 1986c – Géologie de la région de Richmond, cantons de Cleveland, Kingsey et Cleveland, Kingsey et Shipton. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 86-31, 58 pages.
- _____, 1987 – Géologie de la région de Richmond. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 87-31, 82 pages.
- _____, 1988 – Géologie du Groupe d'Oak Hill de la région de Windsor (Estrie). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 88-04; carte annotée.
- _____, 1991 – Géologie de l'anticlinorium des monts Sutton, région de Richmond. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 89-02.
- Mc CRACKEN, A.D., 1989 – Report on five barren samples from the Windsor area of the Eastern Townships, Quebec; Commission géologique du Canada; rapport 004-ADM-1989, 2 pages.
- MER, 1986 – Code stratigraphique nord-américain. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 86-02, 58 pages.
- NOWLAN, G., 1987 – Report on five samples from Ordovician strata in Southern Quebec. Commission géologique du Canada; rapport 013-GSN-1987, 2 pages.
- OSBERG, P.H., 1965 – Structural geology of the Knowlton-Richmond area, Quebec. Geological Society of America Bulletin; Volume 76, pages 223-250.
- _____, 1967 – Lower paleozoic stratigraphy and structural geology, Green Mountain-Sutton Mountain anticlinorium, Vermont and Southern Quebec. American Association of Petroleum Geologist Symposium; Memoir 12, pages 687-700.
- PIERATTI, D.D., 1976 – The origin and tectonic significance of the Tibbit Hill metovolcanics, Northwestern Vermont. University of Vermont, M.Sc. Thesis, 136 pages.
- PINTSON, H. – KUMARAPALI, P.S. – MORENCY, M., 1985 – Tectonic significance of the Tibbit Hill volcanics, geochemical evidence from Richmond area, Quebec. Commission géologique du Canada; étude 85-1A, pages 123-130.
- RAMSAY, J.G., 1967 – Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill; New York, 568 pages.
- REED, J.C. – MORGAN, B., 1971 – Chemical alteration and spilitization of the Catoclin greenstones, Shenandoah National Park, Virginia. Journal of Geology; Volume 79, pages 526-548.
- RIVA, J., 1974 – A revision of some Ordovician graptolites of Eastern North America. Paleontology; Volume 17, pages 1-40.
- SELWYN, A.R.C., 1883 – Notes on the geology of the Southeastern portion of the province of the province of Quebec. Commission géologique du Canada; rapport de Progrès 1880-1881-1882; partie A, pages 1-7.
- SHAW, A.B., 1954 – Lower and lower middle Cambrian faunal succession in Northern Vermont. Geological Society of America Bulletin; Volume 65, pages 1033-1046.
- SLIVITZKY, A. – ST-JULIEN, P., 1987 – Compilation géologique de la région de l'Estrie-Beauce Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 85-04, 40 pages.
- ST-JULIEN, P., 1970 – Geology of Disraeli area (eastern half), Frontenac, Wolfe and Megantic counties. Ministère des Richesses naturelles, Québec; RP-530, 36 pages.
- ST-JULIEN, P. – HUBERT, C. – SKIDMORE, B. – BÉLAND, J., 1972 – Stratigraphie et structure des Appalaches du Québec, 24e congrès géologique international, Montréal. Livret-guide A 56-C 56, 105 pages.
- ST-JULIEN, P. – HUBERT, C., 1975 – Evolution of the taconian orogen in the Quebec Appalachians. American Journal of Science; Volume 275 A, pages 337-362.
- SHARPE, J.I., 1959 – Stukely area. Ministère des Richesses naturelles, Québec. DP-20, 86 pages.
- SMITH, G.T., 1982 – Bedrock geology within the Baie-Verte-Brompton zone, Eastman, Quebec. M.Sc. Thesis, University of Vermont, 100 pages.
- SUPPE, J., 1985 – Principles of Structural Geology. Prentice-Hall Inc.; Englewood Cliffs, New Jersey; 537 pages.
- TREMBLAY, A., 1989 – Géologie structurale et géochimie des roches volcaniques du Complexe d'Ascot, région de Sherbrooke, Québec. Université Laval; thèse de Ph.D., 178 pages.

- TRZCIENSKI, W.E. jr., 1976 – Crossitic amphibole and its possible tectonic significance in the Richmond area, Southeastern Quebec. *Journal Canadien des Sciences de la Terre*; Volume 13, pages 711-714.
- _____, 1988 – Studies in the Sterrett mine area, Eastern Townships, Quebec. Ministère de l'Énergie des Mines et des Ressources, Ottawa; Open file report.
- TRZCIENSKI, W.E. – BIRKETT, T.C., 1982 – Compositional variations of pumpellyite along the western margin of the Quebec Appalachians. *Canadian Mineralogist*; Volume 20, pages 203-209.
- WADDINGTON, G.W., 1969 – Le cuivre au Québec. Ministère des Richesses naturelles, Québec; ES-4, 338 pages.
- WILLIAMS, H., 1978 – Tectonic lithofacies map of the appalachian orogen. Memorial University of Newfoundland; Map number 1a; Scale 1:2 000 000.
- WILLIAMS, H. – HISCOTT, R.N., 1987 – Definition of the Iapetus rift-drift transition in Western Newfoundland. *Geology*, Volume 15, pages 1044-1047.
- 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 (St-Julien, P. – Béland, J., editors). Geological Association of Canada; Special Paper 24, pages 177-207.

Annexe 1

Conodontes de la Formation de Melbourne

Localisation # CGC ⁽¹⁾ (Nowlan, 87)	102106 BB 227-3	102107 BB 236-2
Poids de l'échantillon (g)	3060	1825
% de dissolution	95%	100%
Nombre d'espèces identifiées	4	3
Nombre de spécimens identifiés	6	40
? <i>Amorphognathus</i> sp.	2	—
<i>Panderodus</i> sp.	1	—
? <i>Periodon</i> sp.	2	—
? <i>Polyscaulodus</i> sp.	1	—
<i>Paraisstodus originalis</i> ? (Sergeeva)	—	6
<i>Periodon aculeatus</i> Hadding	—	14
<i>Protopanderodus rectus</i> ? (Lindstrom)	—	20
Âge	Ordovicien moyen à tardif	Ordovicien inférieur à moyen
Séries britanniques	—	Arenig moyen à Llanvirn précoce
Séries nord-américaines	—	Canadien tardif à Whiterockien

1- Commission géologique du Canada

Annexe 2

Description des échantillons analysés

GROUPE D'OAK HILL

Formation de Pinnacle

6-26*	86-RM-274*	Grès feldspathique microconglomératique.
-------	------------	--

Formation de Sweetsburg

6-28	86-BG-167	Mylonite.
6-29	86-BG-167	Mylonite.
6-30	86-BG-167	Mylonite.
6-31	86-BG-219	Phyllade gris foncé, interlité de grès dolomitique.
6-35	86-BG-252	Phyllade noir, très pyriteux interlité de grès.
7-72	87-CC-096	Phyllade noir.
7-76	87-CC-161	Grès quartzeux.
7-77	87-RM-245	Phyllade noir, graphiteux.

Formation de Melbourne

6-32	86-BG-227	Calcaire microfossilifère, à conodontes.
6-33	86-BG-229	Phyllade noir, graphiteux et pyriteux.
6-34	86-BG-237	Phyllade noir, graphiteux et pyriteux.
7-69	87-CC-117-A	Veine de quartz dans le calcaire
7-70	87-CC-117-B	Calcaire gris foncé.
7-71	87-CC-117-C	Calcaire gris foncé.

SUITE MÉTAMORPHIQUE DE SUTTON

Schiste bleuté à chlorite, albite et mica blanc

7-61	87-RM-216	Schiste graphiteux à mica blanc.
7-65	87-RM-174	Schiste à séricite.
7-66	87-RM-211	Schiste à chlorite, albite, pyrite.
7-67	87-RM-241	Schiste à chlorite, albite, pyrite.
7-68	87-RM-230	Schiste à chlorite, albite, pyrite.

Schiste vert à chlorite et épidote

7-73	87-CC-126	Schiste verdâtre à chlorite, quartz, mica blanc.
7-74	87-CC-156	Schiste vert foncé, à chlorite.
7-75	87-CC-132	Schiste à talc.
7-78	87-RM-268	Schiste vert foncé, à chlorite.
7-82	87-CC-131-1	Schiste à talc, trémolite.
7-83	87-CC-131-2	Schiste à talc, trémolite.
7-84	87-CC-230	Schiste gris, à chlorite.
7-85	87-RM-385	Schiste vert, à chlorite, magnétite.

COMPLEXE OPHIOLITIQUE D'ASBESTOS

7-62	87-RM-094	Pyroxénite peu altérée.
7-63	87-CC-041	Serpentinite.
7-64	87-RM-160	Pyroxénite très altérée.
8-12	88 EC 068-B	Ardoise indurée minéralisée.
8-15	88 EC 202-B2	Syénite quartzifère (unité felsique du centre-sud).
8-19	88 RM 318	Syénite quartzifère (unité felsique du centre-sud).

GROUPE DE MAGOG**Formation d'Etchemin**

8-04	88 RM 044	Veine de quartz.
8-05	88 RM 046-2	Veine de quartz.
8-06	88 RM 052	Volcanoclastite gris moyen, laminée et altérée.
8-07	88 RM 064	Volcanoclastite gris moyen.
8-13	88 EC 105-B	Volcanoclastite laminée et minéralisée.
8-14	88 EC 118-A	Volcanoclastite porphyrique gris pâle, minéralisée.

Formation de Beauceville

8-02	88 RM 023-7	Volcanoclastite porphyrique altérée.
8-03	88 RM 023-8	Volcanoclastite porphyrique à stilpnomélane verte.
8-08	88 RM 080	Veine de quartz.
8-09	88 RM 103	Ardoise indurée.
8-11	88 EC 041	Volcanoclastite brunâtre à texture sphéroïde.
8-17	88 RM 014-2	Gabbro intrusif dans le Beauceville.
8-18	88 RM 027-4	Volcanoclastite laminée gris foncé, altérée.
8-20	88 RM 348	Volcanoclastite carbonatée, gris pâle.

Formation de Saint-Victor

8-10	88 RM 107-1	Ardoise indurée.
------	-------------	------------------

COMPLEXE STRUCTURAL DE SAINT-DANIEL

8-01	88 RM 016-5	Pyrite dans l'ardoise noire.
8-16	88 EC 280-A	Ardoise noire.

* NOTE : Le premier code d'identification permet de localiser sur la carte les échantillons analysés. Le second code d'identification désigne les affleurements et les géofiches correspondantes.

Annexe 3

Résultats des analyses géochimiques pour les éléments majeurs et les éléments traces (voir l'annexe 2 pour la description des échantillons analysés)

Unités # carte	PINNACLE # 6-26	SWEETSBURG # 6-28	SWEETSBURG # 6-29	SWEETSBURG # 6-30	SWEETSBURG # 6-31	SWEETSBURG # 6-35
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	41,60	59,60	60,90	73,40	59,00	41,70
Al ₂ O ₃	21,20	19,50	20,60	10,00	14,80	7,51
Fe ₂ O _{3t}	17,30	8,44	7,67	5,09	6,75	28,80
MgO	1,82	1,15	1,40	0,23	3,69	0,92
CaO	0,20	0,02	0,40	0,95	1,81	0,02
Na ₂ O	0,40	0,98	1,08	5,28	1,27	0,83
K ₂ O	5,03	3,59	3,55	0,24	5,59	2,06
TiO ₂	1,94	0,94	1,00	0,29	0,62	0,38
MnO	0,03	0,01	0,01	0,15	0,05	0,01
P ₂ O ₅	0,27	0,11	0,11	0,03	0,16	0,02
PAF	9,30	4,48	3,82	2,86	5,46	16,30
TOTAL	99,09	98,82	100,18	98,52	99,20	98,55
Éléments traces	ppm					
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6
Au	<15ppb	<15ppb	<15ppb	<15ppb	<15ppb	67ppb
Ba	281	757	767	104	884	85
Be	6	3	3	<1	2	2
Cd	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ce	95	82	108	42	49	31
Co	57	15	21	20	19	104
Cu	23	32	35	33	45	79
Dy	<1	2	3	1	3	4
Eu	2	2	2	<1	2	3
La	40	31	43	6	13	3
Li	12	82	94	12	64	19
Mo	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nd	95	35	45	<25	<25	<25
Ni	64	42	42	26	67	252
Pb	49	21	55	34	17	65
Pr	<2	<2	5	<2	<2	10
Sc	30	19	20	6	13	9
Sm	<2	5	10	<2	6	<2
Y	193	92	95	18	114	56
Zn	56	83	107	19	187	35

Unités # carte	SWEETSBURG # 7-72	SWEETSBURG # 7-76	SWEETSBURG # 7-77	MELBOURNE # 6-32	MELBOURNE # 6-33	MELBOURNE # 6-34
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	69,50	85,20	56,90	20,30	65,70	68,70
Al ₂ O ₃	15,70	4,74	20,90	1,04	7,70	7,20
Fe ₂ O _{3t}	5,50	3,63	7,06	2,58	10,70	9,45
MgO	1,32	0,70	2,76	1,11	0,79	0,58
CaO	0,08	1,18	0,29	40,90	0,02	0,02
Na ₂ O	0,97	0,23	0,52	0,45	0,29	0,90
K ₂ O	2,95	0,88	5,51	0,06	1,84	1,39
TiO ₂	0,94	0,78	1,05	0,03	0,32	0,31
MnO	0,03	0,14	0,05	0,01	0,01	0,01
P ₂ O ₅	0,09	0,04	0,23	0,08	0,01	0,01
PAF	2,98	2,38	5,48	27,80	10,90	10,10
TOTAL	100,06	99,90	100,75	94,36	98,28	98,67
Éléments traces	ppm					
Ag	0,7	12	15	<0,5	<0,5	<0,5
As	3	3	8	—	—	—
Au	<5ppb	<5ppb	<5ppb	<15ppb	<15ppb	77ppb
Ba	488	197	0	149	69	87
Be	<1	<1	2	<1	3	3
Cd	<2	<2	<2	<2	2	<2
Ce	105	31	125	<3	26	19
Co	13	5	18	<2	27	18
Cu	22	20	64	11	11	9
Dy	2	3	3	4	3	3
Eu	2	<1	3	<1	2	1
La	55	17	69	<2	<2	<2
Li	75	32	105	1	13	11
Mo	<4	<4	<4	5	34	41
Nd	40	35	95	<25	<25	<25
Ni	24	19	65	17	220	171
Pb	<12	16	40	<12	<12	23
Pr	<10	<10	<10	<2	7	4
Sc	14	6	24	2	10	9
Sm	5	<2	8	8	8	6
Tm	3	<2	<2	—	—	—
Y	64	25	234	12	157	186
Zn	64	112	188	30	114	27

Unités # carte	MELBOURNE # 7-69	MELBOURNE # 7-70	MELBOURNE # 7-71	SUTTON 1 # 7-61	SUTTON 1 # 7-65	SUTTON 1 # 7-66
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	99,90	23,20	20,30	57,20	54,30	44,10
Al ₂ O ₃	<0,02	2,29	1,38	23,50	23,10	32,20
Fe ₂ O _{3t}	<0,10	2,63	2,20	7,06	7,84	8,69
MgO	<0,05	1,09	1,52	1,01	2,17	1,75
CaO	0,04	37,20	39,20	0,05	0,13	0,15
Na ₂ O	<0,10	0,50	0,51	1,47	0,25	0,94
K ₂ O	<0,01	0,43	0,10	4,45	6,69	7,66
TiO ₂	<0,01	0,08	0,04	0,90	1,05	1,27
MnO	<0,01	0,05	0,05	0,10	0,06	0,08
P ₂ O ₅	<0,01	0,06	0,04	0,13	0,13	0,15
PAF	0,12	30,70	32,90	4,49	4,19	4,90
TOTAL	100,06	98,23	98,24	100,39	99,91	99,89
Éléments traces	ppm					
Ag	1	3	3	1	1	2
As	<1	3	2	37	21	28
Au	<5ppb	<5ppb	<5ppb	<5ppb	<5ppb	<5ppb
Ba	17	181	66	932	0	0
Be	<1	<1	<1	3	4	3
Cd	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ce	<3	7	4	186	174	240
Co	<2	6	<2	26	19	23
Cu	<1	12	6	80	9	45
Dy	<1	2	1	3	4	5
Eu	<1	1	<1	3	3	3
La	<2	6	3	97	92	116
Li	<1	2	<1	90	73	76
Mo	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nd	<25	55	35	85	80	105
Ni	<1	18	11	49	56	55
Pb	<12	51	42	32	<12	18
Pr	<10	<10	<10	<10	<10	20
Sc	<1	4	2	29	30	44
Sm	<2	<2	<2	12	13	19
TM	<2	<2	<2	5	3	4
Y	<2	12	3	111	115	162
Zn	<2	25	23	124	107	95

Unités # carte	SUTTON 1 # 7-67	SUTTON 1 # 7-68	SUTTON 3 # 7-73	SUTTON 3 # 7-74	SUTTON 3 # 7-75	SUTTON 3 # 7-78
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	55,70	44,10	62,60	47,10	58,60	47,80
Al ₂ O ₃	21,50	28,40	12,40	15,70	1,74	16,30
Fe ₂ O _{3t}	9,48	10,70	8,33	14,90	4,97	14,60
MgO	2,22	2,35	6,93	8,18	29,00	8,01
CaO	0,13	0,16	2,28	5,08	0,02	5,34
Na ₂ O	0,59	2,11	1,66	2,11	0,10	0,83
K ₂ O	4,74	5,33	1,49	0,01	0,01	0,01
TiO ₂	1,04	1,00	0,70	1,88	0,02	1,59
MnO	0,13	0,10	0,16	0,20	0,07	0,25
P ₂ O ₅	0,13	0,15	0,14	0,11	0,01	0,16
PAF	4,05	5,23	3,40	5,10	5,17	5,35
TOTAL	99,71	99,63	100,09	100,37	99,71	100,24
Éléments traces	ppm					
Ag	2	2	1	2	2	3
As	5	45	8	<1	7	1
Au	<5ppb	<5ppb	<5,ppb	<5ppb	<5ppb	<5ppb
Ba	756	0	383	22	6	19
Be	1	4	<1	<1	<1	<1
Cd	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ce	123	240	64	48	<3	15
Co	19	16	18	56	46	64
Cu	29	38	9	121	10	99
Dy	4	6	3	8	<1	8
Eu	2	4	2	2	1	4
La	61	116	34	5	2	10
Li	97	128	73	95	10	244
Mo	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nd	55	110	30	80	<25	80
Ni	42	37	168	79	0	174
Pb	17	<12	<12	<12	<12	29
Pr	<10	19	<10	<10	<10	<10
Sc	24	34	22	68	4	59
Sm	8	19	<2	<2	<2	<2<2
Tm	5	5	<2	<2	<2	<2
Y	108	109	152	389	20	331
Zn	143	161	107	130	603	278

Unités # carte	SUTTON 3 # 7-82	SUTTON 3 # 7-83	SUTTON 3 # 7-84	SUTTON 3 # 7-85	COA gabbro # 7-62	COA serpenti # 7-63
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	54,00	59,60	46,70	48,50	47,30	41,30
Al ₂ O ₃	3,51	1,30	13,70	12,80	18,10	0,65
Fe ₂ O _{3t}	7,08	5,08	15,40	16,60	3,19	8,07
MgO	20,90	26,30	6,15	7,59	9,53	38,20
CaO	10,40	2,41	10,90	5,02	16,10	0,02
Na ₂ O	0,27	0,11	0,56	4,22	1,29	0,10
K ₂ O	0,03	0,01	0,07	0,05	0,90	0,01
TiO ₂	0,03	0,01	1,62	2,02	0,07	0,01
MnO	0,29	0,13	0,21	0,23	0,09	0,09
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,14	0,17	0,01	0,01
PAF	3,22	4,36	3,15	2,47	3,93	12,30
TOTAL	99,74	99,32	98,60	99,67	100,51	100,76
Éléments traces	ppm					
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2	1
As	—	—	—	—	<1	<1
Au	—	—	—	—	<5	<5
Ba	5	13	20	13	36	21
Be	2	<1	3	4	<1	<1
Cd	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ce	<3	<3	12	14	<3	<3
Co	30	91	45	49	25	102
Cu	4	5	58	71	67	2
Dy	4	1	8	10	<1	<1
Eu	2	2	5	5	<1	1
La	4	<2	7	9	<2	<2
Li	16	13	31	64	35	2
Mo	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nd	<25	<25	105	120	30	<25
Ni	0	0	63	29	262	0
Pb	<12	15	<12	<12	<12	<12
Pr	<2	<2	<2	<2	<10)	<10
Sc	9	3	46	46	32	8
Sm	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Tm	—	—	—	—	<2	<2
Y	47	15	391	361	121	21
Zn	63	70	90	116	26	37

Unités # carte	COApyroxénite # 7-64	COA ardoise # 8-12	Syénite qtz # 8-15	Syénite qtz # 8-19	ETCHEMIN # 8-04	ETCHEMIN # 8-05
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	40,80	54,80	70,70	62,70	—	—
Al ₂ O ₃	4,40	15,50	12,20	13,30	—	—
Fe ₂ O _{3t}	8,60	11,10	4,24	5,74	—	—
MgO	29,30	4,15	1,81	5,96	—	—
CaO	5,45	5,82	0,86	2,85	—	—
Na ₂ O	0,10	2,24	5,78	6,00	—	—
K ₂ O	0,01	0,02	0,10	0,14	—	—
TiO ₂	0,04	0,57	0,34	0,15	—	—
MnO	0,13	0,22	0,05	0,08	—	—
P ₂ O ₅	0,01	0,20	0,07	0,05	—	—
PAF	9,75	3,46	1,91	1,57	—	—
TOTAL	98,59	98,08	98,06	98,54	—	—
Éléments traces	ppm					
Ag	1	—	—	—	—	—
As	22	—	—	—	<1	<1
Au	<5	—	—	—	<5	<5
Ba	13	40	53	55	—	—
Be	<1	<1	<1	<1	—	—
Cd	<2	<2	<2	<2	—	—
Ce	<3	126	8	5	—	—
Co	93	88	6	26	—	—
Cu	33	66	68	6	—	—
Dy	<1	2	1	<11	—	—
Eu	1	<1	<1	<1	—	—
La	<2	52	3	3	—	—
Li	26	89	15	13	—	—
Mo	<4	<4	<4	<4	—	—
Nd	<25	<25	<25	<25	—	—
Ni	0	576	5	59	—	—
Pb	<12	<12	<12	<12	—	—
Pr	<10	14	<2	<2	—	—
Sc	22	21	9	23	—	—
Sm	<2	4	<2	<2	—	—
Tm	<2	—	—	—	—	—
Y	87	74	19	217	—	—
Zn	44	91	34	19	<2	<2
—						

Unités # carte	ETCHEMIN 8-06	ETCHEMIN # 8-07	ETCHEMIN #8-13	ETCHEMIN # 8-14	BEAUCEVILLE # 8-02	BEAUCEVILLE # 8-03
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	65,30	67,00	77,40	69,00	74,30	75,70
Al ₂ O ₃	13,50	12,50	8,02	13,80	12,10	11,20
Fe ₂ O _{3t}	6,86	6,06	4,52	5,34	3,53	2,82
MgO	1,84	1,39	0,88	0,94	1,06	0,80
CaO	1,86	5,37	3,25	1,29	0,81	3,17
Na ₂ O	2,02	2,80	1,19	6,29	5,75	1,38
K ₂ O	3,26	0,42	0,94	0,73	0,29	2,24
TiO ₂	0,60	0,60	0,30	0,45	0,31	0,28
MnO	0,23	0,28	0,23	0,18	0,13	0,13
P ₂ O ₅	0,17	0,18	0,23	0,12	0,07	0,10
PAF	2,46	1,95	1,41	1,13	1,06	1,81
TOTAL	98,10	98,55	98,37	99,27	99,41	8199,63
Éléments traces	ppm					
Ba	611	212	208	209	102	439
Be	<1	<1	3	<1	<1	<1
Cd	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ce	38	42	78	23	17	34
Co	5	8	29	8	6	6
Cu	23	17	147	61	22	20
DY	<1	<1	<1	<1	<1	2
Eu	<1	<1	<1	<1	<1	<1
La	15	19	34	10	6	14
Li	42	18	13	8	10	28
Mo	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nd	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Ni	12	6	18	16	6	6
Pb	18	13	17	15	17	25
Pr	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Sc	25	24	12	12	13	14
Sm	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Y	80	65	73	53	24	28
Zn	71	103	35	93	74	47

Unités # carte	BEAUCEVILLE # 8-08	BEAUCEVILLE # 8-09	BEAUCEVILLE # 8-11	BEAUCEVILLE # 8-17	BEAUCEVILLE # 8-18	BEAUCEVILLE # 8-20
Éléments majeurs	%					
SiO ₂	81,60	61,50	75,50	45,80	63,80	71,00
Al ₂ O ₃	3,20	14,70	11,60	15,30	13,20	13,10
Fe ₂ O _{3t}	8,33	8,67	1,94	11,80	8,61	3,99
MgO	0,97	2,65	0,66	5,40	1,90	1,33
CaO	0,20	0,67	3,83	5,86	4,12	2,28
Na ₂ O	<0,10	0,62	0,16	3,94	3,48	2,13
K ₂ O	1,10	4,08	2,79	0,11	0,62	2,17
TiO ₂	0,13	0,58	0,23	2,39	0,73	0,34
MnO	0,42	0,54	0,04	0,29	0,64	0,25
P ₂ O ₅	0,04	0,12	0,22	0,33	0,08	0,10
PAF	2,44	4,11	1,57	7,49	2,02	1,94
TOTAL	98,43	98,24	98,54	98,71	99,20	98,63
Éléments traces	ppm					
Ba	402	525	460	43	220	318
Be	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cd	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Ce	38	36	52	39	43	29
Co	24	70	4	34	27	11
Cu	254	65	5	61	86	12
Dy	<1	<1	6	<1	<1	<1
Eu	<1	<1	<1	<1	<1	<1
La	14	8	24	17	18	12
Li	7	64	23	85	16	29
Mo	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Nd	<25	<25	<25	<25	<25	<25
Ni	14	50	6	22	16	8
Pb	<12	88	30	<12	28	30
Pr	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Sc	6	12	5	36	24	13
Sm	<2	<2	4	<2	<2	<2
Y	24	108	17	305	152	55
Zn	34	95	32	103	87	65

Unités # carte	ST-VICTOR # 8-10	ST-DANIEL # 8-01	ST-DANIEL # 8-16
Éléments majeurs	%		
SiO ₂	61,40	2,22	57,10
Al ₂ O ₃	16,60	0,18	19,10
Fe ₂ O _{3t}	6,79	62,80	8,48
MgO	2,91	<0,05	3,69
CaO	0,29	<0,02	0,18
Na ₂ O	1,15	<0,10	1,52
K ₂ O	3,91	0,05	3,68
TiO ₂	0,74	0,02	0,86
MnO	0,12	<0,01	0,10
P ₂ O ₅	0,11	<0,01	0,10
PAF	4,98	33,60	4,50
TOTAL	99,00	98,87	99,31
Éléments traces	ppm		
Ba	299	18	570
Be	<1	<1	<1
Cd	<2	4	<2
Ce	37	4	30
Co	21	52	19
Cu	93	200	36
Dy	<1	1	<1
Eu	<1	<1	<1
La	15	<2	12
Li	65	<1	74
Mo	<4	<4	<4
Nd	<25	<25	<25
Ni	73	63	67
Pb	18	47	<12
Pr	<2	<2	<2
Sc	15	2	16
Sm	<2	<2	<2
Y	175	<2	106
Zn	161	31	126



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