

# MB 88-13

GEOLOGIE DE LA REGION DU LAC BROME (PHASE 2)

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 



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

## SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

# Géologie de la région du lac Brome (phase 2)

**Maurice Colpron**

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

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

## TABLE DES MATIERES:

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| <u>INTRODUCTION</u> . . . . .                                   | 1  |
| Localisation . . . . .                                          | 1  |
| Population et accès . . . . .                                   | 3  |
| Travaux antérieurs . . . . .                                    | 3  |
| Méthode de cartographie . . . . .                               | 4  |
| Remerciements . . . . .                                         | 5  |
| <u>CONTEXTE GEOLOGIQUE</u> . . . . .                            | 6  |
| <u>STRATIGRAPHIE</u> . . . . .                                  | 8  |
| GROUPE DE OAK HILL . . . . .                                    | 10 |
| Formation de Tibbit Hill (TBH) . . . . .                        | 11 |
| Formation de Pinnacle (PIN) . . . . .                           | 17 |
| Membre de Call Mill (CM) . . . . .                              | 18 |
| Membre inférieur de la Formation de Pinnacle . . . . .          | 22 |
| Faciès de grès noir . . . . .                                   | 22 |
| Faciès de wacke à quartz-ilménite-chlorite . . . . .            | 23 |
| Membre supérieur de la Formation de Pinnacle . . . . .          | 24 |
| Formation de White Brook (WHB) . . . . .                        | 28 |
| Formation de West Sutton (WES) . . . . .                        | 31 |
| Formation de Frelighsburg (FRE) . . . . .                       | 33 |
| Membre inférieur (FREi) . . . . .                               | 33 |
| Membre supérieur (FRES) . . . . .                               | 34 |
| Formation de Cheshire (CHE) . . . . .                           | 36 |
| Formation de Dunham (DUN) . . . . .                             | 38 |
| Formation de Sweetsburg (SWE) . . . . .                         | 40 |
| Environnements tectoniques pour le Groupe de Oak Hill . . . . . | 43 |
| "SYNCLINAL" DE SUTTON-RICHFORD . . . . .                        | 45 |
| Phyllade à mu-cl-qz (SS6) . . . . .                             | 45 |
| Schiste laminé à mu-qz-ab-cl (SS7) . . . . .                    | 46 |
| Phyllade graphitique (SS8) . . . . .                            | 47 |
| Corrélations avec le Groupe de Oak Hill . . . . .               | 47 |
| SCHISTES DE SUTTON . . . . .                                    | 49 |
| Schiste graphitique à mu-qz-py (SS1) . . . . .                  | 51 |
| Unité de métavolcanites (SS2) . . . . .                         | 52 |
| Schiste grossier à ab-cl-mu (SS3) . . . . .                     | 53 |
| Schiste quartzifère (SS4) . . . . .                             | 53 |
| Métawacke (SS5) . . . . .                                       | 54 |
| Serpentinite (SS9) . . . . .                                    | 54 |
| Une origine tectonique pour les Schistes de Sutton ? . . . . .  | 55 |
| GROUPE DE STANBRIDGE (ST) . . . . .                             | 56 |
| COMPLEXE IGNÉ DE BROME (BR) . . . . .                           | 57 |
| <u>GEOLOGIE STRUCTURALE</u> . . . . .                           | 58 |
| Éléments structuraux . . . . .                                  | 60 |
| Structures souples . . . . .                                    | 64 |
| Structures cassantes . . . . .                                  | 67 |
| Evolution structurale de la région du Lac Brome . . . . .       | 69 |
| <u>METAMORPHISME</u> . . . . .                                  | 72 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| <u>GEOLOGIE ECONOMIQUE</u> . . . . .                         | 73 |
| Grès noirs titanifères de la Formation de Pinnacle . . . . . | 73 |
| Minéralisations Cu-Ag (-Au) . . . . .                        | 75 |
| Minéralisations Pb-Zn de la Formation de Dunham . . . . .    | 77 |
| REFERENCES . . . . .                                         | 78 |

## INTRODUCTION

Le présent rapport fait suite à une campagne de cartographie géologique menée dans la région du Lac Brome au cours des étés 1986 et 1987. Ce projet, qui en est à sa deuxième année, servira de base à la rédaction d'une thèse de maîtrise entreprise à l'Université du Vermont. Notre thèse, qui est supervisée par Barry L. Doolan, porte sur les relations structurale et stratigraphique entre le Groupe de Oak Hill et les Schistes de Sutton.

Ce rapport se veut une compilation des données géologiques recueillies au cours des deux dernières années. Par conséquent, le lecteur averti constatera que certaines parties de ce texte restent inchangées par rapport aux publications antérieures (Colpron 1987a, 1987b). Les principales mises-à-jour présentées ici concernent, entre autres: (1) l'introduction de 9 nouvelles unités à l'intérieur des Schistes de Sutton; (2) une analyse structurale plus détaillée; et (3) une nouvelle interprétation de la tectonique taconique dans la portion ouest du domaine interne des Appalaches du sud du Québec.

Nous réfèrons le lecteur à notre carte annotée, précédemment publiée, pour une meilleure compréhension du présent rapport (Colpron 1988).

## LOCALISATION

La région couverte en 1986 et 1987 correspond à la quasi totalité du feuillet topographique 31H-2-200-0202 (SNRC 1:20 000), région du Lac Brome. Elle se situe directement au sud-ouest du Lac Brome, à quelques 100 km au sud-est de Montréal et à 60 km à l'ouest de Sherbrooke (fig.1). La région est délimitée par les latitudes 45°07'30" et 45°15'00" et les longitudes 72°30' et 72°45'. Elle couvre une

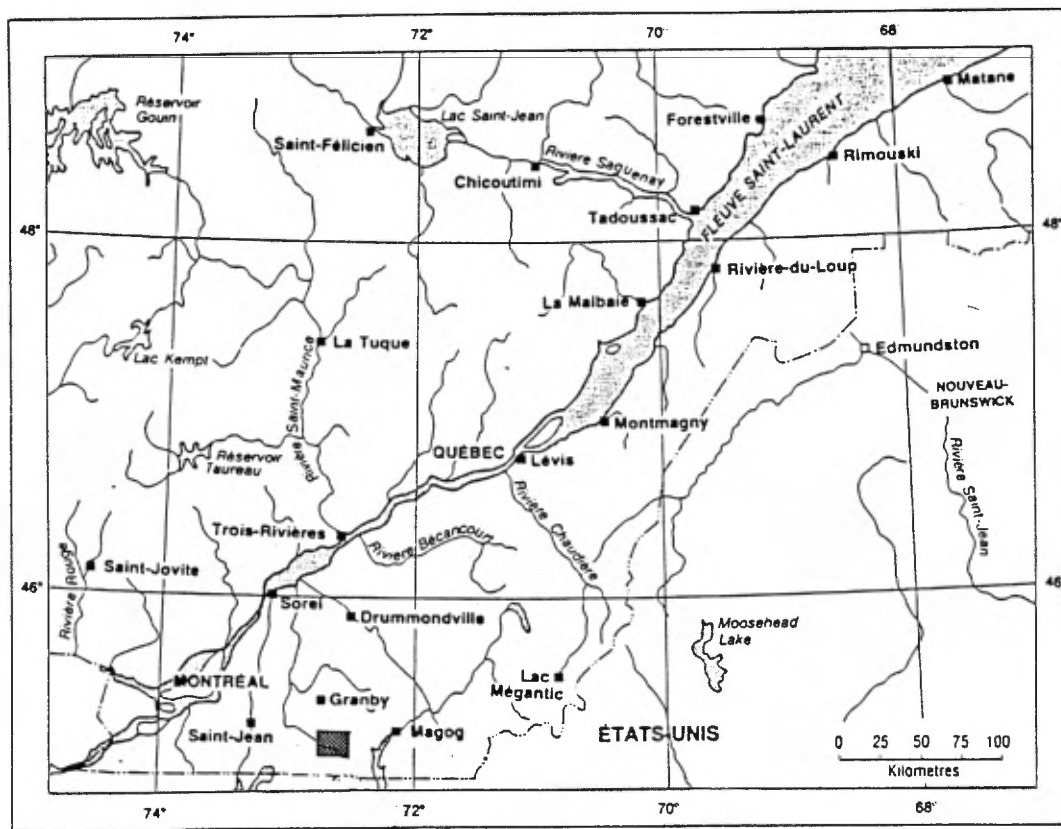


FIGURE 1: Localisation de la région du Lac Brome.

superficie d'environ 170 km<sup>2</sup>.

#### POPULATION ET ACCES

La région du Lac Brome est facilement accessible par l'autoroute des Cantons de l'Est. Ses principales artères sont les routes 104, 139 et 215, reliant les agglomérations de Cowansville, Knowlton et Sutton.

L'activité économique y est diversifiée, bien qu'essentiellement axée sur le tourisme, l'élevage de bovins et l'industrie laitière. Bon nombre des propriétés de la région sont des résidences secondaires.

De nombreuses routes et chemins gravelés facilitent l'accès sur tout le territoire. Le réseau routier découpe la région en petites superficies excédant rarement 3 km<sup>2</sup>. A l'occasion, des sentiers aisément repérables complètent les voies d'accès.

#### TRAVAUX ANTERIEURS

L'investigation géologique des Cantons de l'Est fut initiée au siècle dernier par les travaux de W.E. Logan (1847), A.R.C. Selwyn (1883) et R.W. Ellis (1897). C'est avec les travaux de T.H. Clark (1934, 1936), qui établit la stratigraphie du Groupe de Oak Hill, que l'intérêt pour la région de Sutton a pris son essor. Par la suite, la publication d'une carte de compilation (Eakins 1964), ainsi que les analyses structurales d'Osberg (1965, 1969), Rickard (1965) et Clark & Eakins (1968), ont toutes contribué à une meilleure compréhension de cette portion des Appalaches.

Les travaux plus récents de Jean-Marc Charbonneau (1980), immédiatement à l'ouest de notre région, ont apportés des améliorations notables à la stratigraphie du Groupe de Oak Hill.

La nature anticlinale des Monts Sutton fut reconnue par Selwyn

(1883). Clark (1934) introduit la nomenclature de Schistes de Sutton pour les roches exposées dans les Monts Sutton, sans toutefois préciser les relations stratigraphiques entre les différentes lithologies. Plusieurs auteurs ont cependant proposés que les Schistes de Sutton soit en partie corrélé avec le Groupe de Oak Hill (Clark 1934, Cady 1960, Rickard 1965, et Clark & Eakins 1968).

Rickard (non publié) discrimine certaines unités et propose une nomenclature stratigraphique (Rickard dans Roth 1965). De Römer (1960) défini deux grandes unités dans la région d'Eastman et les regroupent sous le nom de Groupe de Bonsecours. Cette nomenclature fut par la suite retenue par Osberg (1965, 1969), Clark & Eakins (1968), et Lamothe (1981a, 1981b). L'analyse structurale de Roth (1965) illustre l'interférence de plusieurs phases de déformation dans les Monts Sutton.

Les travaux plus récents de Lamothe (1979, 1981a, et 1981b), directement à l'est de notre région, permettent de discriminer plusieurs unités cartographiques et d'illustrer le style structural inhérent aux Monts Sutton.

#### METHODE DE CARTOGRAPHIE

La région étant essentiellement boisée, des cheminements à la boussole et au compte-pas, espacés au 300 m, furent déterminés de façon à couvrir systématiquement le territoire. Cette maille fut resserrée dans le secteur est de la carte afin de tenir compte de la complexité structurale et lithologique des Schistes de Sutton. Les routes, de même que sentiers et ruisseaux repérables, furent aussi suivis.

Les affleurements ont été reportés sur les photos aériennes de 1985, à l'échelle de 1:15 000. Dans les régions densément boisées, le fond topographique fut superposé à la photo aérienne afin de préciser

notre localisation. Par la suite, les affleurements, données structurales, caractéristiques lithologiques et contacts géologiques ont été reportés sur fond topographique à la même échelle.

Des cartographies de détail (échelle de 1:5000, 1:2500 ou 1:2000) furent menées dans les secteurs présentant une complexité stratigraphique et/ou structurale. Les données de terrain furent reportées sur des agrandissements de photos aériennes (échelle de 1:5000), là où des repères physiographiques nous permettaient de tenir compte de la distorsion des photographies, ou (plus fréquemment) sur fonds topographiques à l'échelle désirée.

L'interprétation de notre carte fut complétée à l'aide d'un relevé aéromagnétique à l'échelle de 1:20 000 (SQQUEM, données non publiées, 1987). Ces données furent particulièrement utiles pour tracer la Formation de Pinnacle aux endroits où elle est peu exposée.

#### REMERCIEMENTS

La production de ce rapport n'aurait pas été possible sans l'assistance de Luc Plante (1986), Yves Groulx, Dario Arthur et Eric Lemieux (1987). La supervision de Barry L. Doolan fut d'un grand secours, particulièrement lors de mon introduction à la géologie régionale de l'anticlinorium des Monts Sutton. Une étroite collaboration avec William M. Dowling (Université du Vermont) a grandement facilité ma compréhension de la sédimentologie de la Formation de Pinnacle. Certaines des interprétations discutées dans ce rapport découlent des nombreux échanges (et argumentations !) que j'ai eu avec Robert Marquis, et Thomas R. Armstrong et Rolfe S. Stanley (Université du Vermont).

## CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les Appalaches témoignent de l'ouverture de l'océan Iapetus, à la fin du Précambrien, et de la fermeture subséquente de ce bassin océanique au cours de l'orogénèse Taconique, à l'Ordovicien supérieur (St-Julien & Hubert 1975, Stanley & Ratcliffe 1985). Par la suite, l'orogénèse Acadienne résulte de l'accrétion de terranes exotiques entre le Dévonien inférieur et moyen (Keppie 1985). Finalement, la collision entre Gondwana et l'Amérique du Nord produit les déformations associées à l'orogénèse Alleghanienne, entre la fin du Pennsylvanien et le début du Permien (Keppie 1985).

La géométrie de la ceinture appalachienne est définie par une succession de réentrants et de promontoires (Rankin 1976, Thomas 1977, Williams 1978) contrôlant la répartition des lithofaciès et le style structural. Notre région d'étude se situe à proximité du point d'inflexion du réentrant de Québec (fig.2).

Les différentes "étapes" de l'orogénèse Taconique, à laquelle est associée la déformation polyphasée de la région du Lac Brome, peuvent être résumées comme: 1) obduction d'un lambeau de croûte océanique aux environs de 490-510 Ma (ligne Brompton-Baie Verte, Williams & St-Julien 1982) et formation subséquente d'un prisme d'accrétion (Mélange de St-Daniel ?); 2) la transition d'une subduction de type océanique (type B) à une "subduction" de type continentale (type A, Hodges et al. 1982) provoque l'emplacement des nappes des domaines interne et externe; et 3) l'imbrication des nappes du domaine interne à la "semelle" du prisme d'accrétion est responsable de la déformation polyphasée et du métamorphisme ( $\approx 450$  Ma) qui affectent les roches de la marge continentale pré-taconienne à l'ouest de la ligne Brompton-Baie Verte.



STRATIGRAPHIE

Notre région est subdivisée en quatre domaines lithotectoniques, respectivement définis, d'ouest en est, par la Nappe de Stanbridge, la Nappe de Oak Hill, le "synclinal" de Sutton-Richford et le flanc ouest de l'antiforme de St-Etienne. Tous ces domaines se retrouvent à l'ouest de l'axe anticlinorial des Monts Sutton.

Les roches du Groupe de Stanbridge, d'âge Ordovicien inférieur à Ordovicien moyen, sont exposées dans la Nappe de Stanbridge, aux environs immédiats de Cowansville, dans le secteur nord-ouest de notre carte. La Nappe de Stanbridge est chevauchée, à sa limite orientale, par la Nappe de Oak Hill le long de la Faille Richardson.

La stratigraphie du Groupe de Oak Hill (fig.3) est exposée en son entier à l'intérieur de la Nappe de Oak Hill. Ces roches sont d'âge Hadrynien supérieur (?) à Ordovicien inférieur (?). La polarité stratigraphique régionale est essentiellement distribuée d'est en ouest. La portion est de la Nappe de Oak Hill est en effet marquée par l'anticlinal du Mont Pinnacle. Le contact entre la Nappe de Oak Hill et le "synclinal" de Sutton-Richford est défini par la Faille de Mansville.

Nous référerons à plusieurs reprises dans le texte à la "zone de faille de Mansville". Cette dénomination correspond à la "Phase Mansville" de Clark (1934). Clark a en effet reconnu une séquence "amincie" du Groupe de Oak Hill à l'est de l'anticlinal du Mont Pinnacle. Nous discuterons en détail des relations stratigraphiques de part et d'autre de cette zone et de leurs implications sur les corrélations régionales. La "zone de faille de Mansville" se situe en bordure est de l'anticlinal du Mont Pinnacle, dans le secteur du Domaine Hivernon, à près de 2 km au sud-ouest de Sutton Junction.

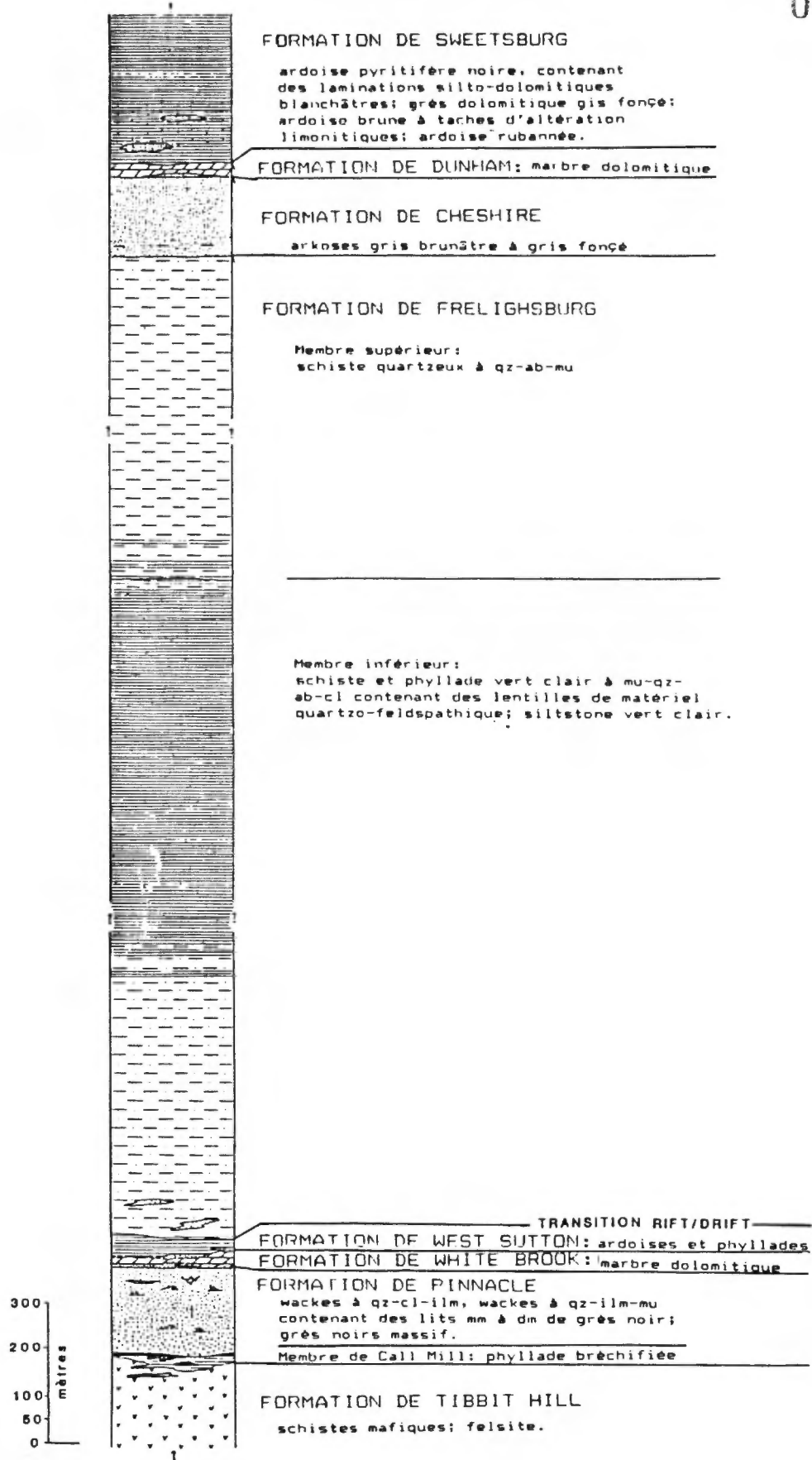


FIGURE 3: Lithostratigraphie du Groupe de Oak Hill.

Les roches exposées dans le "synclinal" de Sutton-Richford sont traditionnellement assignées aux Schistes de Sutton (Eakins 1964, Rickard 1965) ou au Groupe de Bonsecours (Cady 1960, Osberg 1965). Dans nos précédents rapports nous avons inclus ces roches, de façon arbitraire, avec le Groupe de Oak Hill (Colpron 1987a, 1987b). Bien que nous soyons convaincu de leur corrélation avec le Groupe de Oak Hill, ces lithologies sont incluses avec les Schistes de Sutton sur notre carte en raison de leur aspect différent, imputable aux variations latérales de faciès, de même qu'à un grade métamorphique plus élevé. Nous nous proposons de définir de façon formelle ces relations stratigraphiques dans une publication ultérieure.

Les lithologies des Schistes de Sutton affleurent, elles, sur le flanc ouest de l'antiforme de St-Etienne. Leur contact avec les roches du "synclinal" de Sutton-Richford est interprété comme une faille ancienne.

#### GROUPE DE OAK HILL

Le Groupe de Oak Hill marque la limite occidentale du domaine interne de Appalaches du Québec (St-Julien & Hubert 1975; zone de Humber de Williams 1978). L'assemblage lithologique du Oak Hill témoigne de l'ouverture de l'océan Iapetus à l'Hadrymien supérieur et de la formation subséquente de la plate-forme continentale. Le Oak Hill peut donc être subdivisé en une séquence de "rift" (pré-Frelighsburg) et une séquence de "drift" (syn- à post-Frelighsburg). Nous désignons par séquence de "rift" les roches qui se sont déposées dans le (les) graben(s) lors de la phase de subsidence initiale associée à l'extension du craton nord-américain. La séquence de "drift" fait référence aux sédiments accumulés lors de la phase de subsidence thermique suivant l'ouverture du bassin océanique de l'Iapetus (McKenzie

1978).

Les roches du Groupe de Oak Hill occupe une ceinture de 15 à 25 km s'étendant de Lincoln, Vermont, jusqu'aux environs de Danville, Québec (Tableau I). Au Vermont, ces lithologies sont en partie incluses dans le Groupe de Camel's Hump (Doll et al. 1961). Dans le centre de l'état, elles reposent en discordance sur un socle précambrien de type grenvillien.

Le Groupe de Oak Hill fut introduit et décrit par Clark (1934, 1936). La plupart des sections types de Clark sont inclus à l'intérieur du feuillet topographique couvert par ce rapport.

#### FORMATION DE TIBBIT HILL (TBH)<sup>1</sup>

La Formation de Tibbit Hill fut nommée par Clark en 1934. Sa localité type est située sur la colline Tibbit, près de Knowlton, au nord-est de la carte du Lac Brome. Au Québec, les roches de la Formation de Tibbit Hill constituent la base connue du Groupe de Oak Hill (fig.3).

#### DISTRIBUTION

Le Tibbit Hill est exposé dans une bande continue à partir d'Enosburg Falls, Vermont, jusque dans la région de Danville, Québec (Doll et al. 1961, Eakins 1964, Osberg 1965, Globensky 1978 et Marquis 1985). Il réapparaît à proximité de Thetford Mines, dans les Monts Notre-Dame (Charbonneau 1981).

Au Vermont, au sud d'Enosburg Falls, le Tibbit Hill est interstratifié avec les métasédiments de la Formation de Pinnacle; il est d'ailleurs défini comme un membre du Pinnacle (Doll et al. 1961,

---

<sup>1</sup> la symbolique correspond à celle utilisée sur la carte.

| V E R M O N T |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                |              | Q U E B E C  |                     |              |                |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|--------------|--------------|---------------------|--------------|----------------|
|               | Tauvers (1982)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Doll (1961) | Dennis (1964)  | Booth (1950) | Clark (1934) | Charbonneau (1980)* | Cooke (1962) | Marquis (1985) |
|               | Lincoln                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Centre-Sud  | Enosburg Falls | Nord-Ouest   | Sutton       | Sutton (W)          | Shefford     | Richmond       |
| Ca? — Di?     | <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div>&lt;/</div></div> |             |                |              |              |                     |              |                |

\* nomenclature adoptée pour ce rapport

TABLEAU I: Corrélations stratigraphiques pour le Groupe de Oak Hill entre le Vermont et le Québec (du Sud vers le Nord).

Dennis 1964 et B.L. Doolan 1987). Le Tibbit Hill tend progressivement à disparaître vers le sud (Doll et al. 1961 et Tauvers 1982).

A l'échelle des Appalaches, la Formation de Tibbit Hill peut être corrélée avec les Formations de Lighthouse Cove, à Terre-Neuve, et de Catoclin, en Virginie.

Dans notre région, le Tibbit Hill occupe essentiellement le coeur de l'anticlinal du Mont Pinnacle. Le Tibbit Hill affleure aussi au sein de la Formation de Pinnacle, à la faveur d'une structure en dôme, à l'ouest de l'axe anticlinal.

#### DESCRIPTION

La Formation de Tibbit Hill est en majeure partie constituée d'un schiste massif à chlorite-épidote-albite vert moyen à foncé, vert-brunâtre en surface altérée. La granulométrie est généralement très fine. La foliation est habituellement peu développée. L'hématite (variété specularite) est presque toujours présente et constitue parfois jusqu'à 5% d'un échantillon. Elle est fréquemment automorphe.

En lame-mince, le leucoxène, l'actinote et le quartz sont aussi observés. L'apatite, la calcite et la séricite sont présentes en traces.

Localement, des structures coussinées sont relativement bien préservées. Des boules d'épidote (épidosite), atteignant parfois 40 cm de diamètre, sont fréquemment observées. Pintson et al. (1985) suggèrent qu'elles résultent de la reconcentration métamorphique de l'épidote. Nous appuyons cette hypothèse; nous croyons de plus que cette remobilisation se serait opérée à la faveur de pièges préexistants, tel que des interstices de coussins ou des brèches de coulées. A une localité, sous le pont du chemin Ware Hill, à 1,7 km au nord-ouest de Brome, un "dyke" d'épidote, de même qu'une épidosite

faisant environ 1 mètre de diamètre ont été observés. A cette même localité, à l'est de la route, nous avons aussi observée la présence d'un fragment de pierre ponce captif à l'intérieur d'une coulée basaltique. La présence d'un tel fragment suggère un volcanisme explosif à proximité.

Un schiste amygdalaire à albite-actinote-épidote, de couleur gris-violacé à gris-vert et d'altération gris-verdâtre, est intimement associé au schiste massif. Les amygdales, d'un diamètre moyen de 1 cm, comprennent de l'épidote, de l'actinote, de la chlorite, de l'albite et localement du quartz et de la calcite. Elles présentent fréquemment une zonation concentrique de ces minéraux et apparaissent en relief positif en surface altérée. Les coulées, lorsque clairement définies, peuvent être individualisées par l'alternance de schistes massif et amygdalaire. Elles ont généralement une épaisseur moyenne de 2-3 mètres.

Une unité de felsite gris blanchâtre, d'altération gris foncé, affleure sporadiquement. Cette unité est composée à 75-80% d'albite et contient généralement 5-10% de magnétite. L'hydrogrossulaire (7-10%), la hornblende (5-7%) et le stilpnomélane (3-5%) sont fréquemment observés, ainsi que des quantités accessoires d'épidote, de leucoxène et de séricite. La présence de phénocristaux d'albite est caractéristique, bien que n'excédant pas 2-3% d'un échantillon. Ces coulées (dykes ?) de composition trachytique exprime bien la nature bimodale de l'empilement volcanique de la Formation de Tibbit Hill. Mentionnons aussi la présence de petits dykes rhyolitiques le long du chemin Johnston, à l'ouest de la colline à Patch. Ces unités felsiques, bien que constituant moins de 10% du volume du Tibbit Hill, suggèrent la proximité d'un centre d'activité volcanique. La présence d'un dôme rhyolitique aux environs de Waterloo, au nord immédiat de notre région,

semble confirmer cette hypothèse (Rankin 1976, Pintson et al. 1985).

Un schiste à laminations d'albite et de chlorite-muscovite est présent localement. Il contient aussi du sphène, des minéraux opaques, de l'actinote, de l'épidote et de l'apatite en traces. Le fait que les phyllosilicates soient alignés parallèlement aux laminations, de même qu'une similitude chimique avec le schiste massif, suggèrent une origine métamorphique pour ces laminations compositionnelles. Il n'est cependant pas exclus qu'il s'agisse d'un méta-tuff.

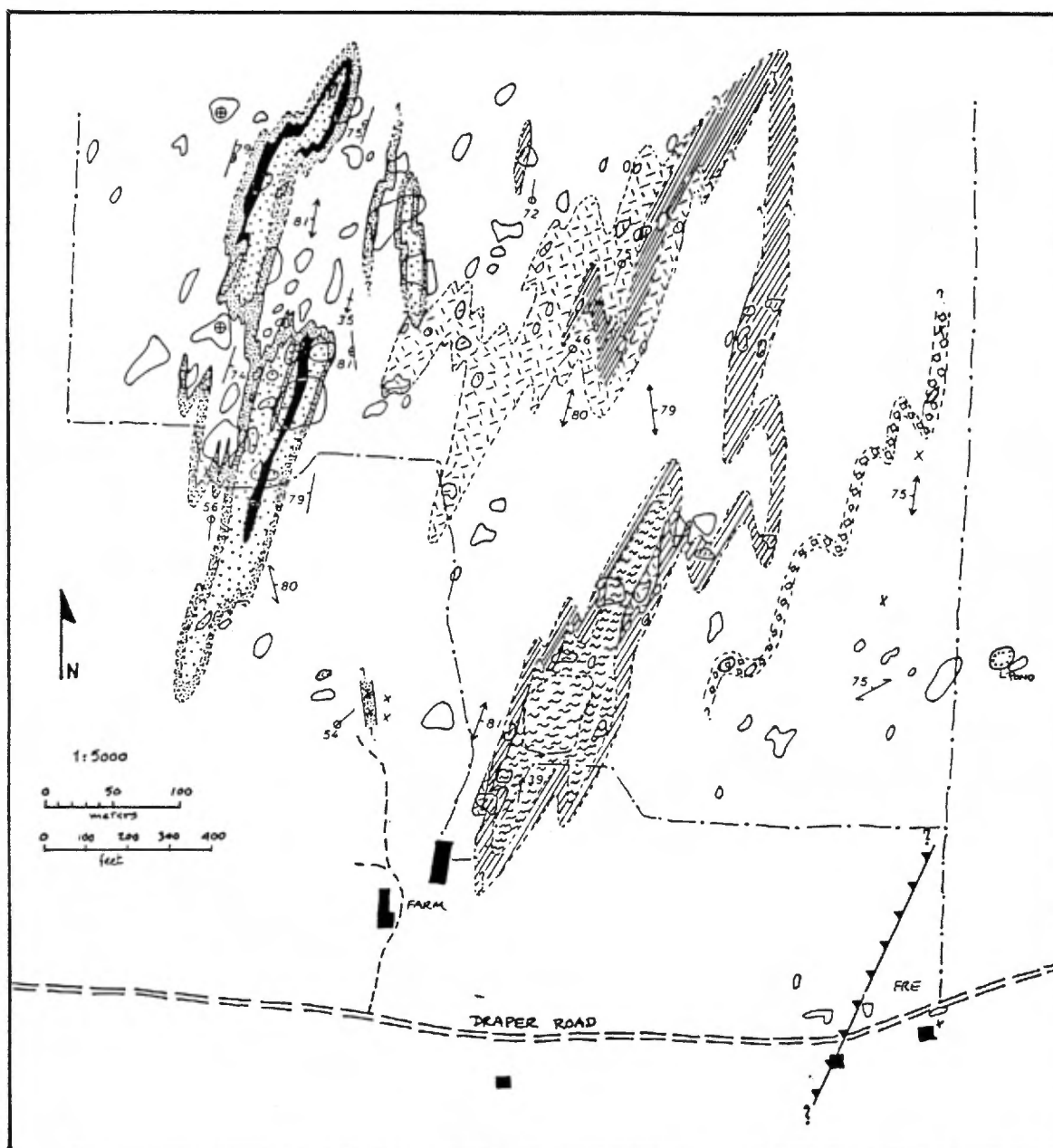
Nous attribuons aussi à la Formation de Tibbit Hill les roches métavolcaniques affleurant au sein de la zone de faille de Mansville. Ces lithologies correspondent généralement aux descriptions données ci-dessus. Cependant, une unité de schiste à chlorite-épidote-calcite-albite vert moyen se distingue par la présence de porphyroblastes de calcite de 0,5-1 cm et son patron d'altération "vésiculaire". La présence exclusive de cette roche le long d'un contact faillé, de même que sa foliation pénétrative, nous porte à croire qu'il s'agit d'un équivalent cisailé du schiste massif décrit plus haut.

Les différentes lithologies de la Formation de Tibbit Hill sont avantageusement exposées dans le pâturage de la ferme Hathaway, sur le chemin Draper, à 2,3 km à l'ouest de Sutton Junction (fig.4).

#### PROTOLITHE

La nature volcanique du Tibbit Hill fut remarquée dès 1936 par T.H. Clark (1936, p.136): la présence de coussins et de niveaux amygdalaires supportent que ces roches étaient à l'origine des laves qui se sont vraisemblablement mises-en-place en milieu sub-aquatique.

Coish et al. (1985) et Pintson et al. (1985) concluent que ce sont des basaltes associés à l'ouverture de l'océan Iapetus. Leur conclusion est basée sur les associations tectono-stratigraphiques, de même que la



Fm de Frelighsburg

FRE

Fm de Pinnacle

wacke à qz-cl-ilm.

grès noir massif

membre de Call Mill

Fm de Tibbit Hill

schiste massif à cl-ep-ab

schiste amygdalaire gris

schiste amygdalaire bleuté

schiste à laminations de cl-ab

"felsite"

⊕ coussins

FIGURE 4: Carte géologique détaillée des paturages de la ferme Hathaway, au nord du chemin Draper, à 2,3 km à l'ouest de Sutton Junction. Echelle de 1:5000.

nature bimodale des volcanites de Tibbit Hill. Leur signature géochimique indique que ces roches se sont mises en place dans un milieu intraplaque (cf. Colpron 1987b, fig.5, p.18).

#### EPAISSEUR

La base de la Formation de Tibbit Hill n'étant pas exposée, il est virtuellement impossible d'estimer l'épaisseur de cette séquence. Kumarapeli et al. (1981) avancent, pour la région de Richmond, une épaisseur maximale de 8 km sur la base de considérations géophysiques. Considérant que ces roches ont subies plusieurs phases de déformation, il n'y a aucun doute que l'épaisseur originale était beaucoup moindre.

#### AGE

Peu de contrôles permettent de préciser l'âge de la Formation de Tibbit Hill: des fossiles du Cambrien inférieur ont été identifiés dans la Formation de Cheshire (Clark 1936). Sur la base de modèles théoriques, un intervalle de 40 à 60 Ma serait nécessaire pour la formation d'une marge continentale stable (Fichter et Diecchio 1986). Considérant la Formation de Cheshire comme le premier indice d'un environnement stable, l'âge Hadrymien supérieur proposé par Kumarapeli et al. (1981) serait par conséquent raisonnable.

#### FORMATION DE PINNACLE (PIN)

La nom de Pinnacle provient de la montagne du même nom située à environ 10 km au sud-ouest de notre région (Clark 1936).

**Its type locality is in lot number one, range one, Dunham township, on the north side of the road and on the western limb of the same syncline that caps Pinnacle Mountain... (Clark 1936, p.141).**

Cette formation comprend à sa base le membre de Call Mill. Ce dernier fut tout d'abord inclus dans le Pinnacle à titre de formation

par Eakins (1964), puis nommé membre par Charbonneau (1980). Marquis (1985) lui conserve l'appellation de formation dans la région de Richmond.

Dowling (1988) a récemment subdivisé les wackes de la Formation de Pinnacle en deux membres: les membres inférieur et supérieur. Bien que ces unités n'ont pas été discriminées sur notre carte, elles ont été reconnues sur le terrain. Par conséquent, nous décrirons ces lithologies tel que définies par Dowling.

#### DISTRIBUTION

Le Pinnacle est reconnu tout au long de la ceinture de Oak Hill. Dans le centre du Vermont, un conglomérat basal, reposant en discordance sur un socle grenvillien, est attribué à la Formation de Pinnacle (Tauvers 1982). Plus au nord, dans la région de Richmond, il s'agit d'un grauwaacke quartzeux interprété comme une séquence de sables deltaïques (Marquis 1985 et comm. pers. 1986).

Dans notre région, le Pinnacle est exposé dans une bande d'environ 1,5 km, à l'ouest de l'anticlinal du mont Pinacle. Il apparaît aussi dans une série de bassins associés à un synclinal parasite de la structure anticlinale, ainsi qu'en minces bandes à l'intérieur de la zone de faille de Mansville.

#### Membre de Call Mill (CM)

La localité-type du Call Mill est située à Call's Mills dans la gorge du ruisseau Jackson (Clark 1936, p.138). Il s'agit d'une des rares localité où il est possible d'observer la stratification.

Le membre de Call Mill est reconnu de façon discontinue jusque dans la région de Danville (Cooke et al. 1962, Osberg 1965, Marquis 1985 et Globensky 1978), ainsi que dans la région de Saint-Sylvestre

(Charbonneau 1981) où il représente une épaisseur relativement importante. Au sud du mont Pinnacle, ainsi qu'au Vermont, il est à toute fin pratique absent (Clark 1936, Booth 1950 et Dennis 1964). Dans notre région d'étude, le Call Mill est omniprésent à la base de la Formation de Pinnacle, bien qu'il soit parfois très mince.

## DESCRIPTION

Le Call Mill est un phyllade de couleur variable, présentant cependant une altération caractéristique noire à reflets bleutés ou violacés. La surface d'affleurement présente généralement un poli glaciaire. Des fragments blanchâtres (0,5-1 cm) sont fréquemment observés. Des niveaux conglomératiques sont localement présents à la base. Dowling (1988) estime que ces fragments résultent de la formation de brèches intraformationnelles. La stratification est rarement préservée. Lorsqu'elle est observée, elle se présente comme de fines laminations de siltstone blanchâtre et/ou de phyllade beige.

En lame-mince, les constituants majeurs sont la muscovite et les minéraux opaques (magnéto-ilménite et hématite). La chlorite, le quartz, l'albite, le zircon, la tourmaline et le leucoxène sont présents en quantité moindre. Les fragments blanchâtres sont, eux, composés de quartz-muscovite et de chlorite. La proportion en minéraux opaques peut atteindre jusqu'à 50%.

La nature du contact entre le Call Mill et le Tibbit Hill est généralement érosionnelle. Cependant, la présence, localement, d'un phyllade de "type" Call Mill au sommet du Tibbit Hill suggère un passage graduel entre ces deux unités.

Le membre de Call Mill est particulièrement bien exposé à 200 m au sud-est de Call's Mill (localité-type), le long du ruisseau de Jackson, où il est en contact avec les wackes et microconglomérats du Pinnacle,

de même qu'à 150 m au sud-est de l'intersection des chemins Stage Coach et Barnes, où sa relation avec les Formations de Pinnacle et de Tibbit Hill est bien définie (fig.5).

#### EPAISSEUR

Clark (1936) propose une épaisseur maximale d'environ 30 m pour le Call Mill. Pour sa part, Eakins (1964) a estimé sa puissance entre 30 cm et 30 m. Nos observations concordent avec celles de Clark et Eakins, bien que nous ayons localement reconnu un phyllade n'excédant pas 3 cm à la base de la Formation de Pinnacle.

#### ORIGINE

Plusieurs interprétations sont proposées tant qu'à l'origine du Call Mill: Clark (1936, p.140) y voit une couche de boue non stratifiée reposant en discordance sur le Tibbit Hill. La paléotopographie expliquerait les variations d'épaisseur. Cette boue proviendrait du développement d'un régolite à proximité.

Pour leur part, Cooke et al. (1962, p.43) pensent qu'il s'agit d'un tuff, sur la base de l'étroite relation entre une ardoise identique au Call Mill et des coulées de lave au sein de la Formation de Tibbit Hill.

Dowling (1988) rejoint en partie l'hypothèse de Clark. Il propose que le Call Mill soit une boue déposée en eau peu profonde, dans un environnement de faible énergie. Sa source probable serait des terrains volcaniques adjacents (Tibbit Hill ?). L'origine des horizons bréchifiés peut être expliqué par des perturbations à l'interface eau-sédiment lors de tempêtes.

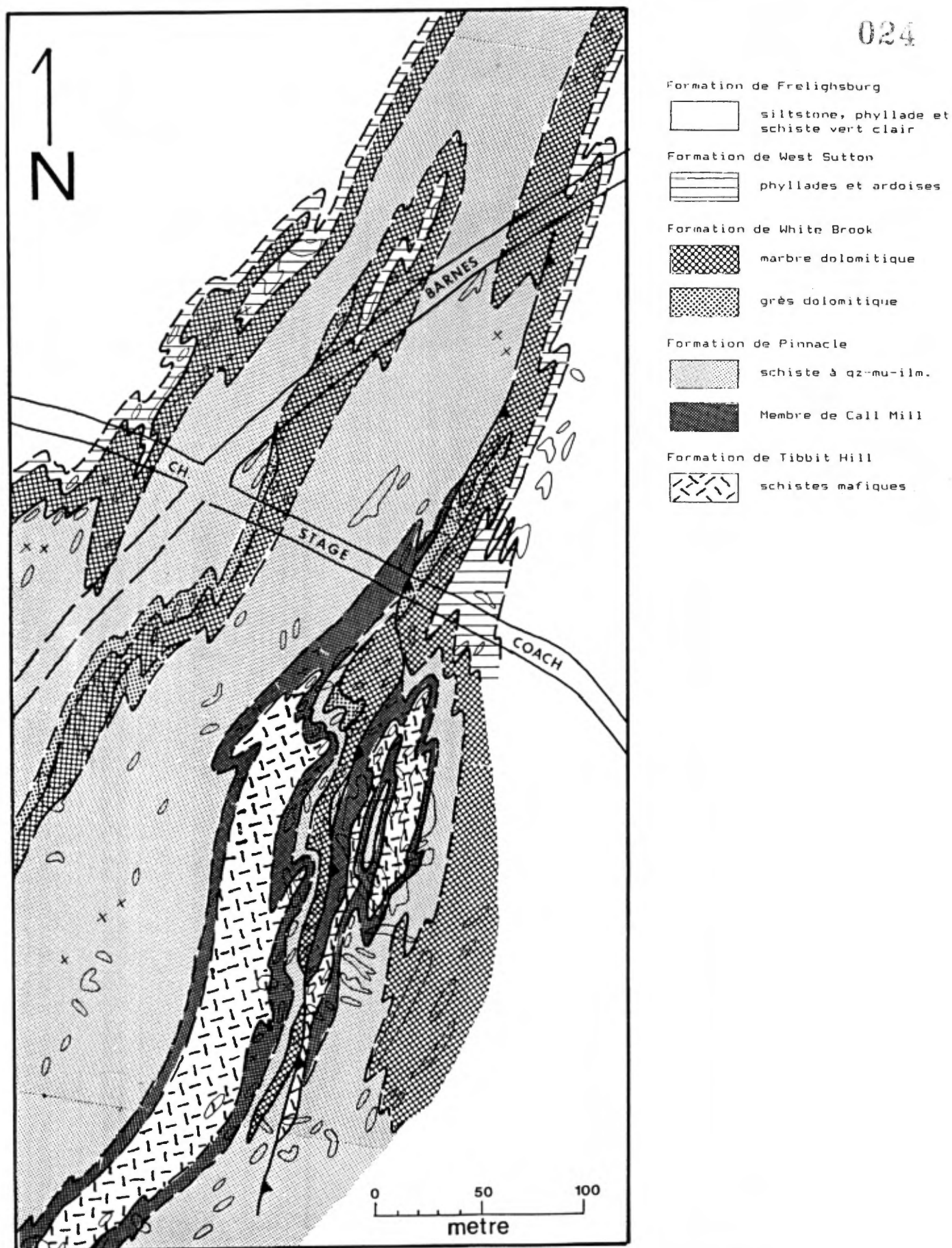


FIGURE 5: Carte géologique détaillée à l'intersection des chemins Barnes et Stage Coach, à 1,2 km à l'ouest de Call's Mill. Echelle de 1:2500.

### Membre inférieur de la Formation de Pinnacle

Les lithologies du membre inférieur constituent l'essentiel de la Formation de Pinnacle dans notre région. La nature du contact entre les membres inférieur et supérieur est transitionnelle. La distinction entre ces deux unités devient de plus en plus floue vers le nord.

Le membre inférieur peut être subdivisé en un faciès de grès noir et un faciès de wacke à quartz-ilménite<sup>2</sup>-chlorite.

#### DESCRIPTION

Faciès de grès noir: la base du membre inférieur est localement marquée par des bancs massifs de minéraux lourds. Ces grès noirs reposent en discordance sur les phyllades du Call Mill ou sur des wackes grossiers du membre inférieur. Ils sont d'une épaisseur moyenne de 3-4 m sur des distances kilométriques. La magnéto-ilménite représente plus de 90 % de cette roche. Le zircon en constitue souvent jusqu'à 5 %. La tourmaline, le rutile, le quartz, la muscovite et la chlorite sont aussi présents en quantité variable. La fraction détritique est bien triée et bien arrondie. La stratification est soulignée par des laminations parallèles, millimétriques à centimétriques, de siltstones grossiers et de grès moyens.

Cette lithologie représente vraisemblablement des paléo-placers marins. La présence de tels paléo-placers fournit de bonnes indications sur l'environnement de sédimentation de la Formation de Pinnacle. Nous discuterons de ce sujet plus loin.

Mentionnons aussi que ces sédiments furent sujet à une altération diagénétique, résultant en des concentrations économiques en rutile (cf. Géologie économique).

---

<sup>2</sup> ilménite réfère ici au cortège des minéraux lourds, la magnéto-ilménite en étant la fraction principale.

Faciès de wacke à quartz-ilménite-chlorite: ce wacke, de couleur gris verdâtre et d'altération gris brunâtre, se caractérise par une faible ségrégation entre minéraux lourds et quartz, et une granulométrie des sables moyens à grossiers. Des horizons décimétriques de microconglomérats et de siltstones grossiers sont localement observés. La stratification, lorsque présente, est définie par des lits centimétriques à décimétriques de grès noirs. Des laminations entrecroisées et des slumps sont fréquents dans les lits de grès noirs.

La muscovite est parfois un constituant majeur de cette roche. Les feldspaths excèdent rarement 1%. Le zircon et la tourmaline représentent parfois jusqu'à 3% d'un échantillon. Les grains détritiques de tourmaline sont souvent entourés d'une excroissance métamorphique de tourmaline bleue-verte. Ce phénomène, aussi décrit par Rickard (1964), n'est pas exclusif à la Formation de Pinnacle, bien qu'il soit plus fréquent dans cette dernière.

Un ciment carbonaté est présent localement vers la base du membre inférieur. Le stilpnomélane fut identifié dans quelques lame-minces. La proportion de matrice est parfois telle que la dénomination de schiste convient mieux à cette roche.

Le faciès de wacke à quartz-ilménite-chlorite présente généralement un contact franc avec le faciès de grès noir ou le membre de Call Mill.

Les deux faciès du membre inférieur de la Formation de Pinnacle peuvent être observés dans la partie est des pâturages de la ferme Hathaway, sur le chemin Draper, à 2,3 km à l'ouest de Sutton Junction (fig.4).

Nous associons aussi au membre inférieur le schiste à muscovite-quartz-ilménite cartographié au nord-est de l'intersection des chemins Barnes et Stage Coach (fig.5). Dans la zone de faille de Mansville

(fig.6) le Pinnacle est restreint à un faciès de grès noir contenant des lentilles centimétriques de siltstone blanchâtre

#### Membre supérieur de la Formation de Pinnacle

Le membre supérieur correspond à un wacke à quartz-ilménite-muscovite gris blanchâtre contenant des lits millimétriques à centimétriques de grès noir. Il se démarque du wacke du membre inférieur par l'absence de chlorite, une meilleure ségrégation entre minéraux lourds et quartz, et une abondance de figures sédimentaires. Sa granulométrie est généralement celle des sables fins à moyens.

Les laminations entrecroisées, slumps et empreintes de charge sont définies par les lits de grès noir. Ces derniers sont souvent limités à l'épaisseur d'un seul grain, tout en étant continus sur des distances centimétriques. Les interlits quartzeux sont à toute fin pratique dépourvus de minéraux lourds.

Des chenalisations de conglomérat à cailloux de quartz, d'orthoquartzite et de grès dolomitique sont fréquemment observés dans les 7 derniers mètres de la Formation de Pinnacle. Le ciment y est souvent dolomitique. Cet horizon chenalisé est localement surmonté par un banc métrique d'orthoquartzite dépourvue de minéraux lourds.

Un affleurement exceptionnel du membre supérieur de la Formation de Pinnacle peut être observé directement au sud de notre région, en bordure du chemin Macey, à 300 m à l'ouest de West Sutton.

#### ENVIRONNEMENT DE SEDIMENTATION DE LA FORMATION DE PINNACLE

L'exceptionnelle concentration de minéraux lourds à l'intérieur de la Formation de Pinnacle fournit d'excellentes indications sur l'environnement de sédimentation des wackes de la Formation de Pinnacle. En effet, les équivalents modernes des paléoplacers basaux du

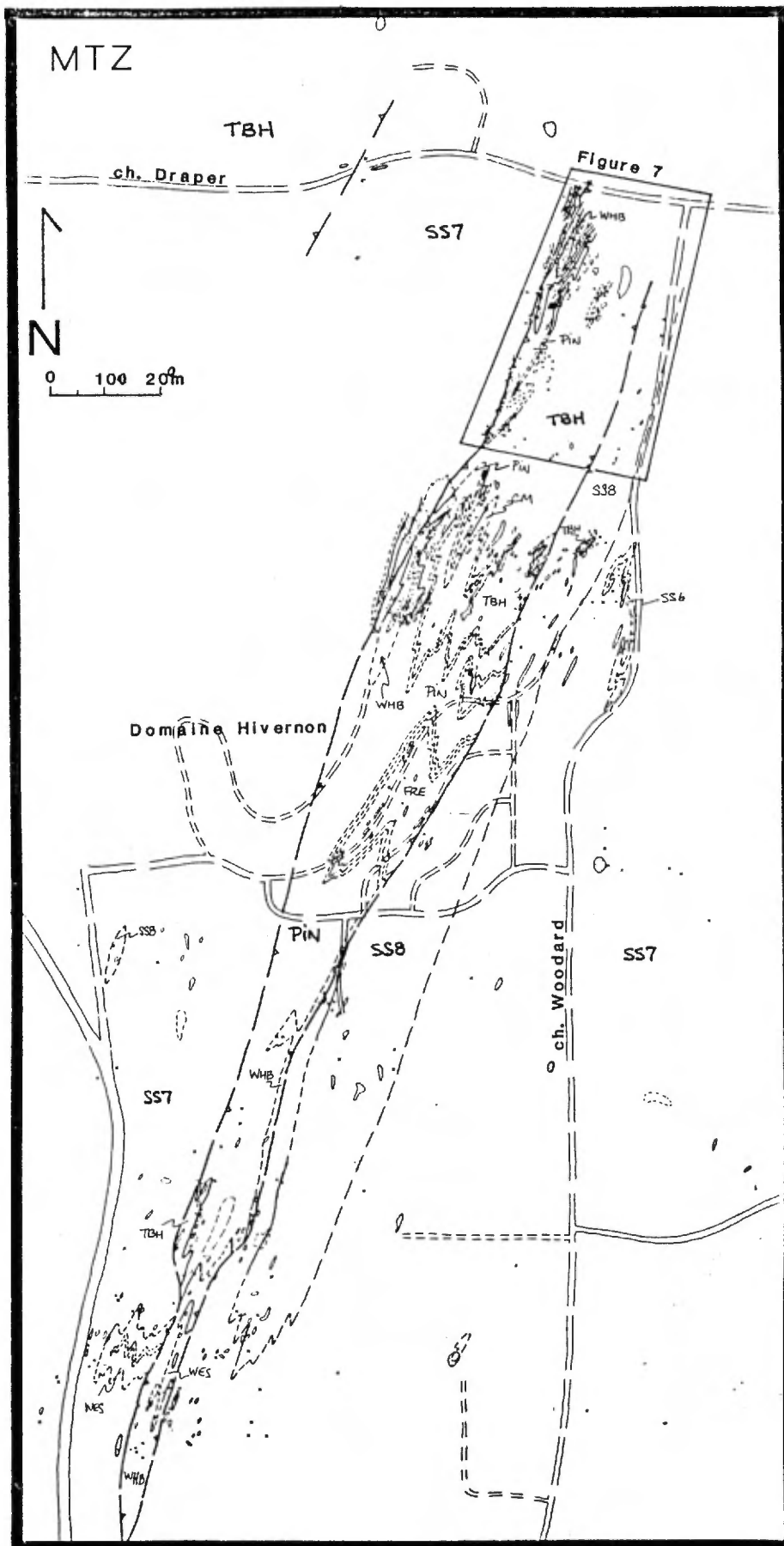


FIGURE 6: Carte géologique détaillée de la zone de faille de Mansville.

Pinnacle sont restreints à un milieu littoral de haute énergie (Komar & Wang 1984, Peterson et al. 1986, Peterson et al. 1987).

Nous avons menée une étude afin de définir les conditions hydrauliques nécessaires à l'obtention de concentrations massives de minéraux lourds. Il appert que plusieurs processus de ségrégations doivent opérer de concert afin d'obtenir une séparation quasi-parfaite des fractions lourdes et légères. Peterson et al. (1986) décrivent de telles conditions environnementales pour les plages de l'Oregon. Ils suggèrent que l'action simultanée des courants littoraux et du ressac des vagues à proximité des points d'inflexions de la côte soient à l'origine des placers. Mentionnons que les placers de l'Oregon sont d'extension kilométrique sur des puissances métriques.

De plus, Komar & Wang (1984) ont démontré que les concentrations massives (> 50 %) sont restreintes à moins de 20 m de la plage. Les structures syngénétiques correspondant à cette zone sont dominées par des laminations parallèles et obliques (Clifton 1969, Clifton et al. 1971).

L'étude sédimentologique de Dowling (1988) propose une profondeur maximale de 3 m pour la Formation de Pinnacle. Il mentionne aussi que la granulométrie tend à s'affiner de la base au sommet ("fining-upward sequence"). Cette observation combinée à une maturité croissante (i.e. diminution de la matrice de la base au sommet) suggèrent que la source était constamment recyclée au temps Pinnacle.

Nous en concluons que la Formation de Pinnacle s'est déposée dans un environnement de plage de haute énergie. Cette interprétation est supportée par l'exceptionnelle concentration de la fraction lourde (> 95 %), les structures syngénétiques associées, et la dimension des paléo-placers. L'absence de sédimentation fine (pelites) milite en faveur d'un environnement de haute énergie.

De plus, la présence des paléo-placers fournit certaines contraintes sur la paléogéographie de la zone littorale du bassin de rift. En effet, sur la base des travaux de Peterson et al. (1986), on peut penser qu'un promontoire décorait la côte à la hauteur de la région de Sutton au temps Pinnacle.

#### ORIGINE DES SEDIMENTS DE LA FORMATION DE PINNACLE

Nous croyons que deux sources ont contribué à la sédimentation du Pinnacle: une source cratonique et une source volcanique. L'abondance de chlorite dans le membre inférieur suggère l'influence de la source volcanique. La chlorite pourrait en effet indiquer la présence de fragments volcaniques détruits par le métamorphisme. De la même façon, la muscovite pourrait en partie résulter de la dégradation des feldspaths. Le recyclage progressif de la source en environnement littoral expliquerait la diminution de l'influence volcanique à l'intérieur de la section.

Une source cratonique de haut grade métamorphique est suggérée par la présence de quartz bleus. La magnéto-ilménite pourrait provenir d'une source cratonique ou volcanique.

#### EPAISSEUR

L'épaisseur maximale de la Formation de Pinnacle (excluant le membre de Call Mill) serait d'environ 190 m à proximité de North Sutton. Son épaisseur diminue drastiquement pour atteindre un minimum d'environ 10 m à l'est de West Brome. Clark (1936) propose une épaisseur variant de 70 à 122 m. Dans le nord du Vermont, le Pinnacle fut estimé à 90-150 m (Booth 1950). D'autre part, Tauvers (1982) estime l'épaisseur du Pinnacle à environ 2600 m dans la région de Lincoln, Vermont.

## FORMATION DE WHITE BROOK (WHB)

La Formation de White Brook porte le nom du Ruisseau Blanc s'écoulant au sud-ouest du village de Sutton. Sa localité-type est située en bordure sud de notre carte, à l'est de la route menant de North Sutton à Sutton Ouest (Clark 1936, p.143). A cet endroit on peut observer le White Brook en contact avec le Pinnacle.

## DISTRIBUTION

Dans notre région, le White Brook est omniprésent, surmontant la Formation de Pinnacle. Il affleure aussi abondamment, à la faveur de petits bassins, au sein du Pinnacle (particulièrement aux environs de la colline Draper, au sud-est de North Sutton). Des lithologies associées au White Brook sont aussi exposés dans la zone de faille de Mansville.

Ailleurs, le White Brook est habituellement reconnu de façon discontinue dans la même position stratigraphique (tableau I). Cette formation n'est que localement reconnue dans la région de Richmond, où elle est interstratifiée avec des ardoises rouges (Marquis, comm. pers. 1987). Dans la région de Lincoln, au Vermont, un niveau dolomitique observé au sein de la Formation de Pinnacle (membre de Foretsdale), pourrait être équivalent au White Brook (Tauvers 1982).

## DESCRIPTION

La lithologie dominante de la Formation de White Brook est un marbre dolomitique blanc rosé, d'altération brune. Des grains détritiques de quartz et de feldspath sont localement abondants. La stratification est complètement oblitérée. Des veines de quartz, sans orientation particulière, sont caractéristiques, et contribuent, probablement, à la grande résistance qu'offre le White Brook à

l'érosion. Localement, de minces passées d'ardoise hématifère noir brillant sont observées.

En lame-mince cette unité comprend de la dolomite (70%, une certaine quantité de calcite), du quartz, du plagioclase et du feldspath potassique. Ces derniers sont d'origine détritique; cependant, les feldspaths sont fréquemment automorphes, témoignant soit d'une intense recristallisation, soit de la formation de feldspaths authigéniques. La muscovite, la chlorite, l'hématite et la tourmaline sont présentes en quantité moindre.

A la base du White Brook, un grès à ciment dolomitique est localement présent. L'observation d'un tel grès à l'intérieur même du marbre dolomitique (W.M. Dowling, comm. pers., 1986) a confirmé qu'il s'agit bien d'un faciès de la Formation de White Brook plutôt que du faciès sommital du Pinnacle. Ce grès est généralement friable et, localement, riche en muscovite. Son contact avec la Formation de Pinnacle est généralement franc. Cette unité de grès est observée plus fréquemment là où la Formation de Pinnacle est particulièrement mince. Cette relation peut être observée à proximité de l'intersection des chemins Barnes et Stage Coach, à 1,2 km à l'ouest de Call's Mill (fig.5), de même qu'à l'intérieur de la zone de faille de Mansville (fig.7).

Mentionnons aussi la présence, localement, d'une brèche dolomitique. Cette brèche contient des fragments de dolomie de 2-5 cm cimentés dans un marbre blanc.

#### EPAISSEUR

L'épaisseur moyenne du White Brook est d'environ 30 m. Elle est cependant très variable. Dans la partie nord de notre carte, à l'est de Brome-Ouest, l'épaisseur apparente varie de près de 110 m à presque

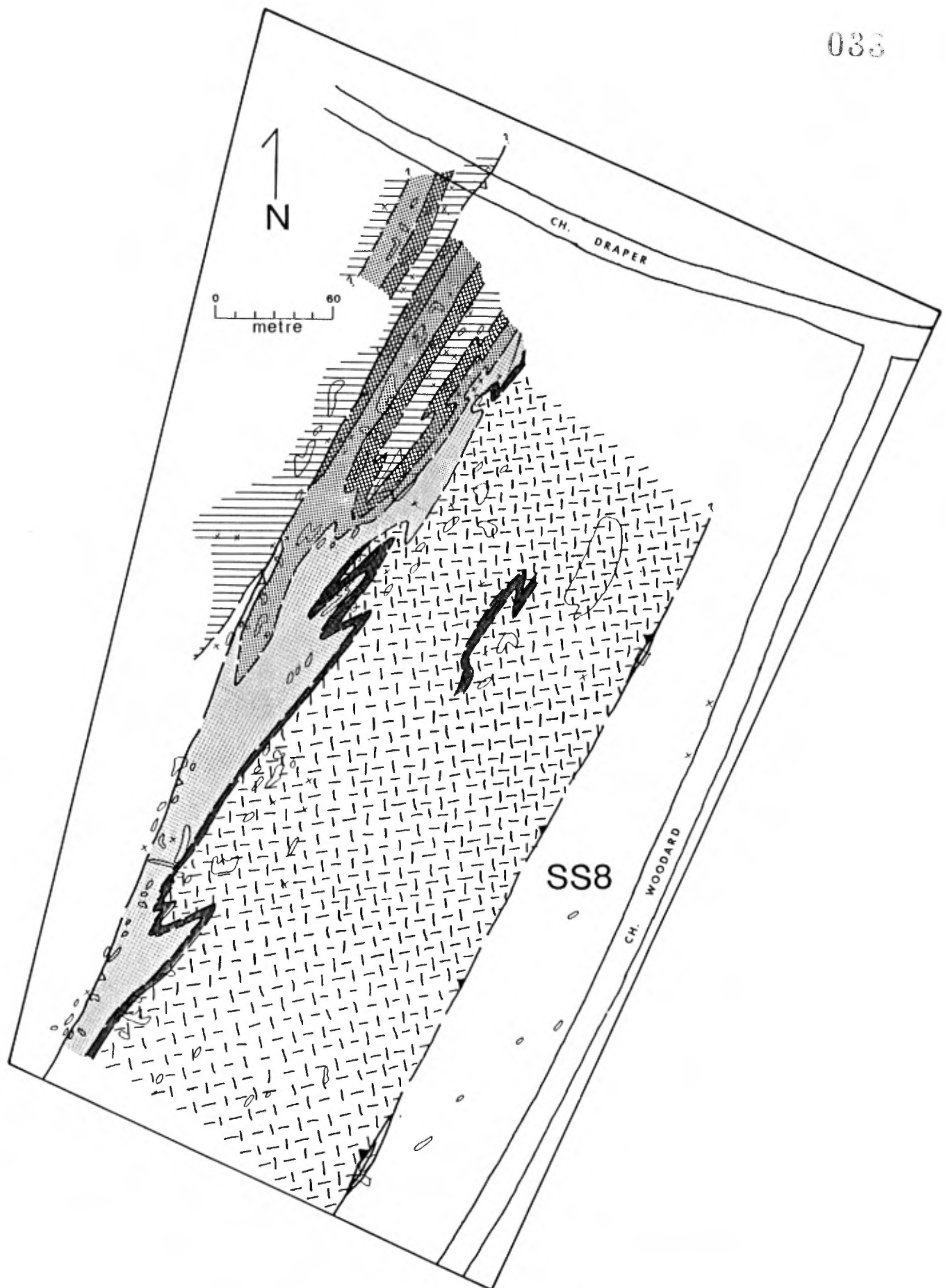


FIGURE 7: Carte géologique détaillée de la partie nord de la zone de faille de Mansville. Les symboles sont les mêmes que pour la figure 5.

nulle sur une courte distance. Au nord-est de Brome Ouest, de même qu'à l'intérieur de la zone de faille de Mansville, les faciès de marbre dolomitique et de grès dolomitique ont des épaisseurs individuelles d'environ 7 m.

#### FORMATION DE WEST SUTTON (WES)

La Formation de West Sutton tient son nom du lieu-dit de Sutton-Ouest, où elle présente une grande épaisseur (Clark 1936, p.143). Sa localité-type est située à proximité de la localité indiquée pour la Formation de White Brook, à l'ouest de la route menant de North Sutton à Sutton Ouest (Clark 1936).

#### DISTRIBUTION

Le West Sutton surmonte stratigraphiquement la Formation de White Brook partout où ces unités furent reconnues. Il semble, de plus, que ces deux unités soit inter-reliées en ce qui concerne l'épaisseur: où l'une est relativement épaisse, l'autre est habituellement mince. Nous croyons aussi que la grande épaisseur apparente aux environs de North Sutton et Sutton Ouest, résulte d'un patron d'interférence.

#### DESCRIPTION

La Formation de West Sutton correspond essentiellement à un phyllade gris verdâtre à gris argenté généralement homogène. Le West Sutton est parfois identique en surface d'affleurement au phyllade de Call Mill. On distingue tout de même ces deux unités par la couleur habituellement plus verdâtre du West Sutton, ainsi que par l'absence des fragments blanchâtres caractéristiques du Call Mill.

Clark (1936) décrit le West Sutton comme étant caractérisé par la

présence d'hématite. Pour notre part, outre la présence d'une ardoise hématifère, d'environ 30 cm à la base de la formation, nous n'avons pas observé d'hématite en quantité notable à l'intérieur du phyllade proprement dit.

En lame-mince, les principaux constituants sont la muscovite (50%), la chlorite (5-50%), le quartz (10%) et les feldspaths (10-40%). Sont aussi présents, en quantité accessoire, des opaques, de la tourmaline, de l'épidote et du zircon. Les sections riches en feldspaths contiennent généralement de larges grains d'albite (?).

Localement, un wacke, ou un microconglomérat, à matrice chloritique (WSC) est présent à la base de la Formation de West Sutton. Sa composition est similaire aux wackes du Pinnacle, bien que le contenu en opaques détritiques soit considérablement moindre. Des quartz bleus sont parfois observés. La granulométrie des fragments de quartz varie de 1 mm à près de 1 cm.

Au nord-est de Brome Ouest (fig.5), deux autres faciès sont reconnus à l'intérieur du West Sutton: un schiste à chlorite vert foncé et une ardoise rougeâtre.

Le West Sutton est en contact franc avec la Formation de White Brook. Toutefois, la présence d'ardoise hématifère dans le White Brook définit vraisemblablement le lien avec des ardoises similaires à la base de la Formation de West Sutton.

#### EPAISSEUR

Une estimation de l'épaisseur de la Formation de West Sutton basée sur les données mises en carte suggère une épaisseur maximale de 50 m. Des épaisseurs de 3-5 m sont estimées aux environs de l'intersection des chemins Barnes et Stage Coach (fig.5), et de la zone de faille de Mansville (fig.6).

## FORMATION DE FRELIGHTSBURG (FRE)

La Formation de Frelighsburg a été introduite par Charbonneau (1980). Elle correspond à la partie inférieure du Gilman de Clark (1936). Sa localité-type est située le long de la route 213, à proximité du Lac Selby, à environ 4 km au nord-est de Frelighsburg.

Osberg (1965) réfère aux lithologies du Frelighsburg par le vocable de Formation de Bonsecours. Nous réprouvons cet usage, considérant que le nom de Bonsecours fut introduit par de Römer (1960) pour des roches s'apparentant aux Schistes de Sutton.

## DISTRIBUTION

La Formation de Frelighsburg affleure dans une bande continue d'environ 5-7 km à l'ouest de l'anticlinal du Mont Pinnacle.

Marquis (1985, 1987) conserve l'appellation de Formation de Gilman pour les lithologies équivalentes au Frelighsburg dans la région de Richmond. Il justifie cette appellation sur le fait qu'il ne reconnaît pas le "quartzite" de Cheshire au sommet de la séquence de phyllade verte. Au Vermont, la Formation de Fairfield Pond est corrélée avec le Frelighsburg (Doll et al. 1961, Dennis 1964).

## DESCRIPTION

La Formation de Frelighsburg est subdivisée en deux unités, inférieure et supérieure.

Membre inférieur (FREi)

Il s'agit de schistes et phyllades vert clair, à patine brun orangée. Les roches de l'unité inférieure contiennent, invariablement, des lentilles de quartz-feldspaths centimétriques. Ces dernières sont

généralement transposées le long du clivage régional ( $S_2$ ). Localement, le matériel quartzo-feldspathique apparaît sous forme de lamination en surface d'affleurement. Ces laminations furent tout d'abord interprétées comme la stratification ( $S_0$ ); cependant, des coupes orthogonales d'un échantillon ont révélées que le matériel quartzo-feldspathique se présente sous forme de "crayon" aligné dans le plan de schistosité ancienne ( $S_1$ ). La stratification peut rarement être reconnue. Lorsqu'observée, elle se présente comme un alignement des lentilles quartzo-feldspathiques obliques à la foliation régionale ( $S_2$ ).

Des taches limonitiques, résultant de l'altération de la pyrite, sont fréquemment observées. La présence d'octaèdres de magnétite est commune à la base du membre inférieur.

En lame-minces, la muscovite, le quartz et les feldspaths sont les principaux constituants. Des quantités mineures de chlorite, tourmaline, zircon, rutile, stilpnomélane et opaques sont aussi observées. Les opaques sont soit la magnétite, l'hématite ou la pyrite.

Vers la base du membre inférieur, un faciès de siltstone vert clair est localement observé. Ce faciès de siltstone peut être vu dans le champs situé au nord-est de l'intersection de chemins Barnes et Stage Coach (fig.5). A cette même localité, le membre inférieur du Frelighsburg est en contact franc avec la Formation de West Sutton.

Une série d'affleurements typiques du membre inférieur de la Formation de Frelighsburg est exposée au nord du chemin Stage Coach, à 1,3 km au sud-ouest de Gilman Corner.

#### Membre supérieur (FREs)

Cette unité est constituée de schistes gris moyen à gris verdâtre, d'altération brune. L'absence de lentilles quartzo-feldspathiques est

généralement caractéristique. Lorsque présentes, elles sont habituellement fortement altérées et d'une teinte jaunâtre. Les schistes du membre supérieur sont légèrement plus grossiers que ceux du membre inférieur.

Leur composition en lame-mince, de même que leur chimie, est similaire à celle du membre inférieur du Frelighsburg. Toutefois, le quartz et les feldspaths sont plus abondants que la muscovite. La meilleure distinction possible est basée sur la granulométrie et la couleur. Nous devons spécifier que le passage entre les membres inférieur et supérieur est très graduel. Nous avons défini ce contact sur la première apparition d'un schiste d'altération brunâtre.

Des affleurements caractéristiques du membre supérieur peuvent être vus le long du chemin Beattie, à environ 2,3 km au nord de Dunboro.

#### TENDANCES SEDIMENTOLOGIQUES DE LA FORMATION DE FRELIGHSBURG

Nous interprétons le membre inférieur du Frelighsburg comme une séquence de turbidites distales. Il est raisonnable, en effet, de croire que le protolithe du membre inférieur devait présenter une alternance de laminations de siltstone et de shale. La présence de siltstones verts (de puissance métrique ?) concentrée à la base du membre inférieur, passant à des faciès plus fins de schiste et de phyllade, nous porte à interpréter une séquence s'affinant vers le sommet ("fining-upward sequence") pour le Frelighsburg inférieur. Cette séquence indique que le taux de subsidence était supérieur à l'apport sédimentaire au temps Frelighsburg inférieur.

Le retour à une sédimentation siliciclastique est premièrement souligné par les schistes "quartzeux" du membre supérieur, ceux-ci passant graduellement aux arkoses de la Formation de Cheshire,

suggérant une séquence "coarsening-upward". Cette séquence indique un retour à des faciès d'eau peu profonde (subcotidal à intercotidal).

#### EPAISSEUR

Aucun contrôle ne permet de préciser l'épaisseur de la Formation de Frelighsburg. Les évidences de terrain ne laissent aucun doute que cette formation est répétée plusieurs fois par plissement et la possibilité de failles intraformationnelle doit aussi être envisagée.

Considérant la largeur de la bande d'affleurements du Frelighsburg inférieur, une épaisseur de 1,5 à 2 km nous semble une approximation raisonnable. Une épaisseur maximale de 700 m est estimée pour le membre supérieur sur la base des données mises en carte. Charbonneau (1980) propose une épaisseur moyenne de 300 m pour le Frelighsburg supérieur.

#### FORMATION DE CHESHIRE (CHE)

L'emploi du terme Cheshire fut réintroduit par Charbonneau (1980) dans la stratigraphie du Groupe de Oak Hill au Québec. Ce nom fut tout d'abord introduit par Keith (1923) au Vermont, puis employé par Clark (1931) au Québec. Par la suite, le nom de Gilman lui a été substitué (Clark 1934, 1936, Cooke et al. 1962, Eakins 1964, Osberg 1965). Au Vermont, l'emploi du nom de Cheshire a été réintroduit par Doll et al. (1961) et Dennis (1964).

La Formation de Cheshire correspond à la partie sommitale du Quartzite de Gilman de Clark (1936). La coupe-type est située à Cheshire, Massachussets (Emerson 1917).

#### DISTRIBUTION

Le Cheshire affleure dans une bande relativement continue depuis

le sud du Vermont jusqu'e dans notre région. Cette Formation s'atténue au nord de la région du Lac Brome (Osberg 1965).

Le Cheshire, tel que reconnu dans notre région, correspond au faciès inférieur du Cheshire dans le nord-ouest du Vermont (Merthens 1985). Nous croyons que les grès arkosiques décrits par Marquis (1987) au sommet du Gilman, dans la région de Richmond, correspondent à l'extension nord du Cheshire.

Dans notre région, la Formation de Cheshire occupe deux bandes de 150 à 500 m de large dans le secteur est de notre carte.

#### DESCRIPTION

La Formation de Cheshire est composée d'arkoses gris brun clair à gris foncé, de la granulométrie des silts grossiers et des sables fins. La stratification est définie par des bancs massifs de quelques centimètres à plusieurs mètres d'épaisseurs. Les micas, concentrés le long du clivage régional ( $S_2$ ), confèrent parfois un aspect schisteux à la roche. Le clivage régional est généralement anastomosé et défini des microlithons (0,5-1 cm) de matériel moyennement à finement grenu.

En lame-mince, les feldspaths (albite, microcline et feldspath potassique) représentent 40 à 50%, le quartz environ 25-40%. La muscovite, présente seulement le long des plans de schistosité, n'excède pas les 5%. La présence d'un ciment de carbonates (calcite et dolomite) et d'hématite est commune, particulièrement à proximité du contact avec la Formation de Dunham. Des quantités mineures de zircon et de tourmaline sont aussi observées. La pyrite, et plus rarement la galène, ont été observés localement.

Le passage entre le Frelighsburg supérieur et le Cheshire est dénoté par une décroissance du contenu en micas, de même qu'une granulométrie légèrement plus grossière.

Des affleurements caractéristiques de la Formation de Cheshire peuvent être vus le long du chemin Vail à proximité de son intersection avec la route 139, à 1 km au sud de Sweetsburg, de même qu'au nord du Lac Davignon, en bordure de la route 104, environ 1 km au sud-est de Sweetsburg.

#### EPAISSEUR

L'épaisseur de la Formation de Cheshire est estimée à 300-325 m sur la base des données mises en carte. Charbonneau (1980) rapporte des épaisseurs variant de 120 à 700 m.

#### FOSSILES

Clark (1936, p.146) rapporte des fragments d'algues et d'un brachiopode du genre **Kutorgina sp.** à l'intérieur du Quartzite de Gilman, aux environs de Scottsmore. Au Vermont, **Olenellus sp.** (trilobite), **Nothozoe sp.** (ostracode) et **Hyalolithus sp.** (gastropode) ont été rapportés près de Bennington (Walcott, cité dans Cady 1945, p.528); la présence de **Salterella sp.** (mollusque) près de St. Albans et de **Hyalolithus sp.** près de Sheldon Junction est aussi mentionnée par Shaw (1954). Cette faune est caractéristique du Cambrien inférieur.

#### FORMATION DE DUNHAM (DUN)

La Formation de Dunham fut introduite par Clark (1936, p. 146) et nommée d'après le village de Dunham situé au sud-ouest immédiat de notre région. Sa localité-type est sur la colline Oak dans la portion ouest de notre carte.

## DISTRIBUTION

Dans notre région, la Formation de Dunham est exposée dans une bande étroite d'orientation nord-est, de même qu'en bordure d'un bassin structural de la Formation de Sweetsburg. Cette formation n'est que sporadiquement exposée.

Le Dunham est relativement continu vers le sud, au moins jusqu'au sud de l'état du Vermont. Au nord, il devient de plus en plus discontinu. Dans la région de Richmond, Marquis (1987) propose que sa Formation de Lisgar soit corrélatrice avec le Dunham. Pour notre part, nous croyons que sa description, et les quelques affleurements de la Formation de Lisgar que nous avons visités, correspondent mieux au faciès de Scottsmore (Clark 1936) de la Formation de Sweetsburg qu'au Dunham.

## DESCRIPTION

La Formation de Dunham correspond à un marbre dolomitique gris clair à blanc, d'altération brune. Bien que la présence de grains de quartz détritiques soit caractéristique, ceux-ci sont beaucoup moins abondant que dans le White Brook. Tout comme le White Brook, la Formation de Dunham est marquée par un réseau de veines de quartz sans orientation particulière. La stratification est totalement oblitérée.

La roche, finement cristalline, est presque exclusivement constituée de dolomite. La pyrite, la galène et la sphalérite, finement disséminées, sont localement observées.

Un faciès de grès dolomitique brunâtre est commun près de la base du Dunham aux environs de Scottsmore. Cette roche est friable et n'excède pas 1 m d'épaisseur.

Nous n'observons pas la grande variété de faciès rapportée par Charbonneau (1980) et Boucher (1986) dans notre région.

Le Dunham présente généralement un contact franc avec la Formation de Cheshire. Cependant, des niveaux de quartzite blanchâtre démembrés suggèrent que ces deux formations partagent un contact graduel. L'hypothèse d'un hiatus est aussi écartée sur la base de critères paléontologiques. La Formation de Dunham est estimée à 26 à 37 m d'épaisseur.

La Formation de Dunham est particulièrement bien exposée en bordure d'un champs, au nord-ouest immédiat de Scottsmore.

#### FOSSILES

Clark (1936, p. 147) rapporte la présence de fragments de trilobites à l'intérieur de la Formation de Dunham au sud-ouest de Frelighsburg. Ces trilobites, de la famille **Mesonacidae**, de même que des mollusques du genre **Hyalithellus** sp. (Clark & McGerrigle 1944, p. 386) indiquent un âge Cambrien inférieur.

#### FORMATION DE SWEETSBURG (SWE)

Cette formation porte le nom du village de Sweetzburg situé à proximité de Cowansville. Le nom de Sweetzburg fut introduit par Clark (1934, 1936) pour une séquence d'ardoises au sommet du Groupe de Oak Hill. Eakins (1964) emploi ce nom pour définir une formation incluant les ardoises de Oak Hill et de Vail, de même que les conglomérats et quartzites de Scottsmore et l'ardoise de Sweetzburg de Clark (1934). Cét usage est maintenu par Charbonneau (1980). Ce dernier, inclut aussi dans le Sweetzburg un faciès sommital d'ardoise silto-dolomitique rubanée.

La localité-type de la Formation de Sweetzburg est située sur le flanc est de la colline Oak (Clark, 1936, p. 148).

## DISTRIBUTION

La Formation de Sweetsburg est exposée en deux bandes de 0,4-1,2 km et de 0,7 km dans la portion ouest de notre carte. Elle peut être suivie jusque dans la région de Richmond, où elle est surmontée, et en contact concordant et graduel, par la Formation de Melbourne (Marquis 1987), une unité de calcaire graphitique absente de notre région.

Au Vermont, le nom de Sweetsburg fut utilisé par Doll et al. (1961) et Dennis (1964) pour une séquence d'ardoise affleurant à l'est du synclinorium de St-Albans. Sont aussi corrélés avec la Formation de Sweetsburg (telle que définie par Charbonneau 1980), les Formations de Skeels Corner, Rugg Brook et Parker (Booth 1950) au nord-ouest de l'état, de même que les Formations de Clarendon Springs et de Danby (Doll et al. 1961) dans le centre-sud du Vermont.

## DESCRIPTION

Le faciès dominant de la Formation de Sweetsburg est une ardoise pyriteuse brun foncé à noire, contenant des laminations silto-dolomitiques millimétriques. Ce faciès correspond à l'Ardoise de Sweetsburg de Clark (1936). Les interlits d'ardoise sont généralement d'un centimètre d'épaisseur. A environ 700 m au nord de l'intersection des chemins Elm et Hallé, des lits de 3-5 cm de siltstone blanc sont interstratifiés avec les ardoises du Sweetsburg. Ce faciès fut attribué par Osberg (1965) et Charbonneau (1980) au Scottsmore. Cette lithologie ne correspond pas à la définition de Clark (1936, p. 148) pour le Scottsmore, et n'entre pas dans notre définition de ce faciès tel que présenté ci-dessous.

Les différents faciès définis par Clark (1936) ont été reconnus dans la région du Lac Brome. Cependant, la rareté des affleurements de la Formation de Sweetsburg ne nous permet pas de préciser leur position

stratigraphique. Nous croyons toutefois que la stratigraphie proposée par Clark correspond à la distribution générale de ces faciès, bien qu'ils ne soit pas strictement restreints à cet arrangement stratigraphique. Les relations internes entre les différents faciès sont inconnues.

Faciès de Oak Hill: ce faciès correspond à une ardoise pyriteuse noire et homogène, présentant en surface altérée des taches de limonite. La pyrite y est communément nodulaire. La stratification est définie par l'alignement des taches limonitiques. Cette roche est habituellement très compétente et d'un comportement cassant.

Faciès de Scottsmore: nous attribuons au Scottsmore les roches correspondant à la description de Clark (1936, p. 148-149). Il s'agit d'un grès dolomitique gris noirâtre, d'altération brune. La granulométrie est celle des sables fins à moyens. La stratification est soulignée par de fines variations de la granulométrie conférant un aspect laminé à la roche. L'altération brune, similaire à celle de la Formation de Dunham, rend difficile la distinction de ces deux unités là où elles sont en contact.

Nous n'avons pas reconnu de faciès conglomératique associés au grès du Scottsmore, exception faite d'un affleurement à 650 m au nord-est de Sweetsburg, en bordure d'un sentier d'équitation, où nous avons observé de petits fragments de dolomie (1-2 mm) dans un grès noirâtre en contact avec le marbre dolomitique de la Formation de Dunham.

Faciès de Vail: ce faciès correspond à une ardoise rubanée, montrant, en surface altérée, une alternance d'ardoises d'altération brune et noire en lamines de 5 mm. En surface fraîche il est

pratiquement impossible de distinguer la stratification. Ce faciès est reconnu principalement à la base de la colline Oak, à proximité du chemin Vail. Nous croyons qu'il pourrait être équivalent au faciès d'ardoise rubanée de Charbonneau (1980).

Nous proposons comme affleurement-type de la Formation de Sweetsburg une coupe située au sud de la route 139, vis-à-vis la route menant à la carrière Rioux. A cette localité, le faciès d'ardoise à laminations silto-dolomitiques est particulièrement bien exposé, de même que le grès de Scottsmore à la base de la paroi. Un autre bel affleurement peut être vu le long du chemin Elm, au nord immédiat de Sweetsburg.

#### AGE

Shaw (1958) rapporte une faune de la zone à **Cedaria** (Cambrien moyen) pour des lithologies équivalentes au Sweetsburg au Vermont. D'autre part, des conodontes d'âge Ordovicien moyen ont récemment été reconnus dans la Formation de Melbourne dans la région de Richmond (Marquis, comm. pers., 1987). Par conséquent, nous assignons un âge Cambrien moyen à Ordovicien inférieur (?) à la Formation de Sweetsburg.

#### ENVIRONNEMENTS TECTONIQUES POUR LE GROUPE DE OAK HILL

Le Groupe de Oak Hill témoigne de l'évolution de la marge passive pré-taconique de l'est de l'Amérique du Nord. La période d'extension ("rifting") est représentée par les Formations de Tibbit Hill à West Sutton inclusivement. La signature géochimique des metabasaltites de la Formation de Tibbit Hill indique un environnement de rift précoce (Pintson et al. 1985, Coish et al. 1985). De plus, la nature bimodale de cette séquence volcanique (Rankin 1976), de même que sa

superposition à de fortes anomalies gravimétrique et magnétique (Kumarapeli et al. 1981), suggèrent la présence d'un point chaud au coeur du réentrant de Québec lors de l'ouverture de l'océan Iapetus.

Les sédiments susjacent, déposés lors de la période de "rifting", témoignent d'un environnement d'eau peu profonde, suggérant que le flux de chaleur émis par le point chaud inhibait une forte subsidence initiale. Ceci est d'autant plus exprimé par la faible épaisseur de la séquence de rift (comparativement à l'épaisseur de cette même séquence au Vermont, Tauvers 1982). La subsidence initiale est la subsidence reliée à l'amincissement de la croûte continentale.

Nous suggérons que la transition rift/drift est située à la base de la Formation de Frelighsburg. La transition rift/drift marque le "moment" où le "rifting" s'achève par la création de croûte océanique et la naissance du nouvel océan. La subsidence suivant cette transition est provoquée par le refroidissement de la croûte, et est par conséquent désignée subsidence thermique. La subsidence thermique est généralement rapide dans les 10-20 Ma suivant la formation de la première croûte océanique (McKenzie 1978, Dewey 1982). Cette subsidence devrait être d'autant plus rapide là où la croûte continentale fut soumise à un flux de chaleur plus important.

Nous croyons que la Formation de Frelighsburg présente des évidences d'une telle évolution. La séquence "fining-upward" du membre inférieur, et la nature des sédiments (turbidites distales), suggèrent un approfondissement relativement rapide du bassin. Par la suite, un ralentissement de la subsidence, couplé à un apport sédimentaire plus important, est exprimé par une séquence "coarsening-upward" (membre supérieur du Frelighsburg et Formation de Cheshire).

Le taux "normal" de subsidence thermique permet par la suite la sédimentation de la Formation de Dunham et des faciès de talus

continental de la Formation de Sweetsburg.

### "SYNCLINAL" DE SUTTON-RICHFORD

Les roches exposées dans le "synclinal" de Sutton-Richford sont traditionnellement assignées aux Schistes de Sutton (Clark 1934, Eakins 1964, Rickard 1965) ou aux Formations de Bonsecours et de Sweetsburg (Cady 1960, Osberg 1965). Ces roches correspondent en partie à la Formation d'Underhill telle que décrite dans le nord du Vermont (Doll et al. 1961, Doolan 1987).

Sur notre carte nous avons inclus ces lithologies avec les Schistes de Sutton, bien qu'elles s'apparentent lithologiquement et structuralement avec le Groupe de Oak Hill. Nous conservons cette terminologie d'usage courant en raison des différences stratigraphiques et des variations de faciès tel que discuté plus loin. De plus, certaines de ces lithologies ont été reconnues dans les Schistes de Sutton proprement dit. Leurs relations structurales et stratigraphiques n'étant pas clairement définies, nous croyons qu'il est plus prudent de conserver la nomenclature établie. Mentionnons toutefois qu'il ne fait aucun doute qu'une reclassification stratigraphique de ces roches sera nécessaire dans le futur..

Trois assemblages lithologiques sont reconnus à l'intérieur du "synclinal" de Sutton-Richford: les unités SS6, SS7 et SS8.

#### Phyllade à mu-cl-qz (SS6)

L'unité SS6 est exposée dans la partie ouest du "synclinal" de

Sutton-Richford. Il s'agit d'un phyllade à muscovite - chlorite-quartz gris argenté à noir. La stratification y est rarement observée. Lorsque visible, elle se présente comme de fines laminations de siltstone blanchâtre. Des laminations entrecroisées ont été observées à une seule localité, à l'est du chemin Woodard, 1,8 km au sud-ouest de Sutton Junction. L'unité SS6 est en contact franc avec l'unité SS7.

#### Schiste laminé à mu-qz-ab-cl (SS7)

L'unité SS7 est la lithologie dominante à l'intérieur du "synclinal" de Sutton-Richford. Cette unité correspond à la Formation d'Underhill dans le nord du Vermont. Cette lithologie est aussi retrouvée en "lambeaux" isolés à l'intérieur des Schistes de Sutton.

L'unité SS7 correspond à un schiste à muscovite - quartz - albite - chlorite vert clair. La roche est caractérisée par des laminations quartzeuses alignées dans le plan de foliation  $S_1$ . Les laminations constituent 30-40 % de la roche. Des bancs décimétriques de quartzite blanc laminé sont localement observés. Des horizons centimétriques de schiste à muscovite - quartz dolomitique sont présents à proximité du contact avec l'unité SS8. La pyrite est parfois un constituant de cette lithologie. Plus rarement, des niveaux riches en magnétite sont observés.

Ce contact est transitionnel et marqué par un schiste à muscovite - graphite de couleur orangé. La transition est soulignée par une augmentation du contenu en graphite de ce schiste à l'approche de l'unité SS8.

L'unité SS7 peut être observée dans un champs, du côté ouest du chemin Jackson, à 2,8 km au sud de Brome. Le contact entre les unités

SS7 et SS8 est particulièrement bien exposé le long du ruisseau North Branch, au sud du chemin Stage Coach, à environ 1,5 km au sud-est de Brome, de même qu'en bordure est de la zone de faille de Mansville.

#### Phyllade graphitique (SS8)

L'unité SS8 affleurent sporadiquement à l'intérieur du "synclinal" de Sutton-Richford. Il s'agit d'un phyllade graphitique et pyriteux noir, généralement homogène. Des laminations silto-dolomitiques millimétriques sont localement observées. Des lits décimétriques de quartzite noir bleuté, et plus rarement des lits décimétriques de marbre gris foncé, sont présents vers la base de cette unité.

Outre les localités mentionnées plus haut, cette unité peut être vue du côté est du chemin Ware Hill, à 1,1 km au sud-ouest de son intersection avec la route 104. Le faciès à laminations silto-dolomitiques peut être observé dans le fossé à proximité de l'intersection des rues Harvey et Godue, dans le Domaine Hivernon (zone de faille de Mansville, fig. 6).

#### CORRELATIONS AVEC LE GROUPE DE OAK HILL

Nous corrélons les unités SS6, SS7 et SS8 avec les Formations de West Sutton, Frelighsburg et Sweetsburg respectivement (fig.8). De telles corrélations ont déjà été proposées par Osberg (1965). Nous tenons à souligner que les Formations de Cheshire et de Dunham, de même que le membre supérieur de la Formation de Frelighsburg, sont absents de la section exposée dans le "synclinal" de Sutton-Richford. Rappelons que la nature graduelle du contact entre les unités SS7 et SS8 est clairement définie sur le terrain. Nous croyons que la présence de bancs de quartzite décimétrique et de schiste/siltstone dolomitique à proximité de ce contact pourrait être l'expression distale des

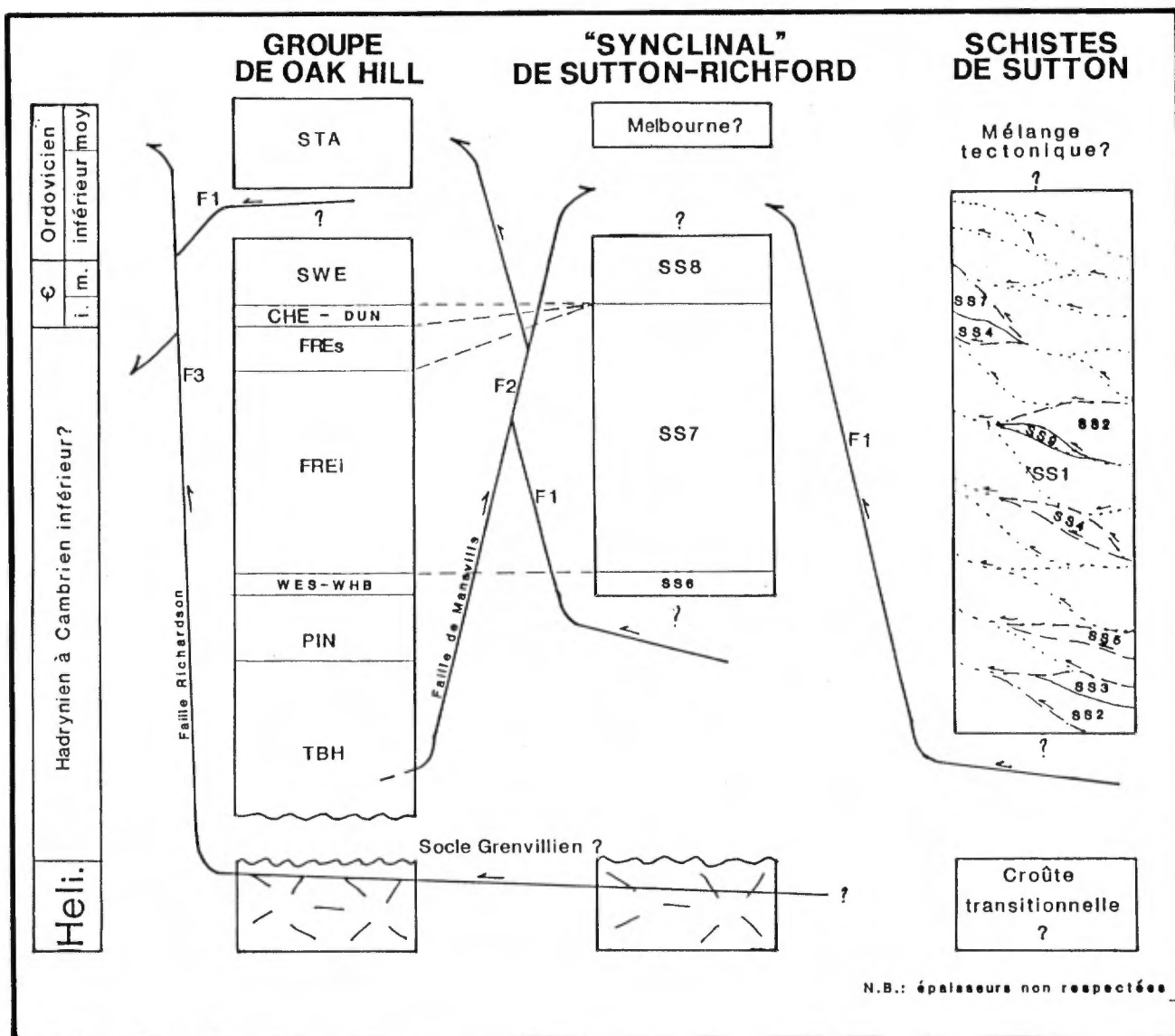


FIGURE 8: Corrélations stratigraphiques entre le Groupe de Oak Hill, le "synclinal" de Sutton-Richford et les Schistes de Sutton.

Formations de Cheshire et de Dunham.

De plus, la faible quantité de laminations silto-dolomitiques dans les phyllades de l'unité SS8 (comparativement à la Formation de Sweetsburg) suggère aussi un équivalent distal. Par conséquent, nous proposons que les roches du "synclinal" de Sutton-Richford soient des équivalents distaux de la séquence de drift du Groupe de Oak Hill.

### SCHISTES DE SUTTON

Les Schistes de Sutton furent tout d'abord décrits par Clark (1934):

**These consist of sericitic, siliceous, and carbonaceous schists, with, here and there, beds of dolomitic marble and quartzite. Everywhere the sedimentary origin of these schists is apparent. Locally throughout this mass, particularly in the heart of the Sutton Mountains, the rocks have been so impregnated with albite as properly to be called gneisses. (Clark 1934, p.9)**

Depuis lors cette terminologie fut employée par plusieurs auteurs (Cady 1960, Eakins 1964, Rickard 1965, Roth 1965, Clark & Eakins 1968 et Lamothe 1979). De Römer (1961) introduit la terminologie de Groupe de Bonsecours pour un assemblage lithologique similaire dans la région d'Eastman. Cette terminologie fut par la suite employée par Lamothe (1981a, 1981b). Nous conservons pour le moment l'usage informel de Schistes de Sutton. Les Schistes de Sutton sont traditionnellement corrélés avec le Groupe de Oak Hill (tableau II). Au Vermont, les Schistes de Sutton correspondent en partie à la Formation de Hazens Notch (Doll et al. 1961, Armstrong, comm. pers., 1988).

Neuf (9) unités ont été discriminées à l'intérieur des Schistes de Sutton. Nous les désignons ici, de façon informelle, les unités SS1 à SS9. Rappelons que les unités SS6, SS7 et SS8 affleurent principalement dans le "synclinal" de Sutton-Richford et furent par conséquent décritent plus haut. Nous référerons tout de même à ces unités là où

| Clark (1934)*      |                                                                                                                         | Clark (1934)                                                            | Cady (1960)  |                                       | Rickard (1965)     | Osberg (1965)                            | Clark & Eakins (1968)              |              |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| PMA                |                                                                                                                         | Monts Sutton                                                            | SRS          | SMA                                   | Monts Sutton       | Monts Sutton                             | SRS                                | SMA          |
|                    |                                                                                                                         |                                                                         |              |                                       |                    |                                          |                                    |              |
| Groupe de Oak Hill | Vail<br>Sweetsburg<br>Scottsmore<br>Oak Hill<br>Dunham<br>Gilman<br>West Sutton<br>White Brook<br>Pinnacle<br>Call Mill | Schistes de Sutton<br>incluant la Phase Mansville du Groupe de Oak Hill | Sweetsburg   | Mansonville inférieur (~Ottauquechee) |                    | Sweetsburg incluant Scottsmore et Dunham | Schistes de Sutton                 | Ottauquechee |
|                    |                                                                                                                         |                                                                         | "Bonsecours" | Schistes de Sutton                    | Schistes de Sutton | Gilman                                   | Phase Mansville (en bordure ouest) | Bonsecours   |
|                    |                                                                                                                         |                                                                         |              |                                       |                    | Bonsecours                               |                                    |              |
|                    |                                                                                                                         |                                                                         |              |                                       |                    | Pinnacle                                 |                                    |              |
|                    | Tibbit Hill                                                                                                             | Tibbit Hill                                                             |              |                                       |                    | Tibbit Hill                              |                                    |              |
|                    |                                                                                                                         |                                                                         |              |                                       |                    |                                          |                                    |              |

\* la nomenclature de Clark (1934) a été retenue ici, étant celle adoptée par les auteurs mentionnés.

TABLEAU II: Corrélations stratigraphiques entre le Groupe de Oak Hill et les Schistes de Sutton selon la littérature.

elles sont inter-reliées avec les unités décrites ci-dessous.

### Schiste graphitique à mu-qz-py (SS1)

Cette unité constitue la majorité des lithologies observées dans les Schistes de Sutton. Elle est principalement caractérisée par sa grande hétérogénéité. Elle est directement corrélée avec la Formation de Hazens Notch au Vermont (Stanley et al. 1987a, 1987b).

L'unité SS1 correspond à un schiste à muscovite - quartz-graphite - pyrite de couleur noire et d'altération rouille. Elle est caractérisée par une abondance de veines de quartz injectée le long de la foliation dominante ( $S_1$ ). Le contenu en graphite varie dramatiquement à l'intérieur d'un même affleurement. La pyrite est fréquemment altérée, laissant des vides de forme cubique.

La tourmaline est commune et aisément observable sur les plans de schistosité ( $S_1$ ). La disposition des cristaux est aléatoire. En lame mince, on peut observer que la tourmaline définit de fines laminations. Les cristaux sont automorphes et, sans aucun doute, d'origine métamorphique. Il est à noter que la tourmaline de l'unité SS1 est jaunâtre comparativement aux excroissances métamorphiques bleu-verte du Groupe de Oak Hill.

Des "lits" de quartzite noir bleuté sont localement observés. Ces quartzites, en tout point similaires à ceux décrits pour l'unité SS8, sont démembrés et semblent "flotter" dans le schiste graphitique. Les quartzites sont fortement injectés de quartz laiteux. Les veines sont plissées isoclinalement à l'intérieur même de ce qui semble constituer un lit.

Un affleurement illustrant les relations entre le schiste graphitique et le quartzite bleu-noir est situé à 150 m au nord-est du chemin Drapper, à environ 2,6 km au sud-est de Brome.

Le schiste graphitique est contact franc avec toutes les autres unités des Schistes de Sutton.

Sont aussi inclus dans l'unité SS1 un schiste à muscovite-chlorite vert foncé à noir, et un schiste à muscovite - quartz - albite - chlorite vert clair, d'altération rouge orangée.

Le schiste à muscovite - chlorite est caractérisé par la présence de porphyroblastes d'albite millimétriques, de même que l'absence de graphite et de pyrite. Sa relation avec le schiste graphitique est inconnue. Il partage cependant un contact graduel avec les métavolcanites de l'unité SS2. Ce schiste est bien exposé dans un champs situé du côté nord du chemin Sugar Hill, à 500 m au sud-ouest de son intersection avec le chemin du Mont Echo, à environ 1,3 km au sud de Knowlton.

#### Unité de métavolcanites (SS2)

Cette unité comprend plusieurs variétés de schistes mafiques. La plus commune est un schiste à chlorite - épidote - hornblende - calcite (- quartz) vert foncé contenant des porphyroblastes d'albite (1-5 mm). En lame-mince, l'actinote, la biotite et le sphène s'ajoutent aux minéraux déjà mentionnés. Cette lithologie est particulièrement bien exposée dans le secteur sud-est de notre carte, le long du chemin du Mont Echo.

Un schiste à chlorite - magnétite vert foncé est présent au sud-est de notre carte, à l'intérieur du schiste sus-mentionné. Les cristaux automorphes de magnétite atteignent parfois plus de 1 cm.

Un schiste massif à épidote - chlorite - calcite - hornblende, de couleur vert moyen et d'altération vert brunâtre, est présent sur le flanc d'une colline à environ 2,3 km au sud-est de Brome. Cette roche est nettement plus résistante que la moyenne des schistes mafiques de

l'unité SS2.

Finalement, un schiste à laminations centimétriques d'albite-chlorite et d'épidote - chlorite est présent localement.

La signature géochimique de ces roches (Colpron 1987b, fig.5, p.18) indique qu'elles sont d'affinité tholéiitique. Nous croyons de plus qu'elles pourraient être transitionnelles entre les basaltes du Tibbit Hill et les tholéiites de fond océanique. Cette hypothèse implique que ces roches se seraient mises en place dans un environnement de "rift", sur un socle aminci comparativement au socle susjacent à la Formation de Tibbit Hill.

#### Schiste grossier à ab-cl-mu (SS3)

Cette unité n'est seulement reconnue qu'au sud immédiat de Knowlton. Il s'agit d'un schiste grossier à albite - chlorite-muscovite de couleur vert moyen et d'altération gris brunâtre. Cette roche est généralement peu foliée. Des laminations de quartz-feldspaths sont fréquentes le long de la schistosité  $S_1$ . Le schiste grossier est en contact graduel avec le schiste à mu-cl vert foncé de l'unité SS1. Nous croyons que le schiste de l'unité SS3 pourrait représenter un faciès volcanoclastique associé à l'unité SS2.

#### Schiste quartzifère (SS4)

Cette unité est essentiellement composée d'un schiste à quartz-muscovite gris argenté à gris blanchâtre. Ce schiste présente localement un aspect laminé exprimé par une variation du contenu en quartz. Le plan de foliation dominant ( $S_1$ ) exhibe une linéation clairement définie par des tiges de quartz.

Est aussi inclus dans l'unité SS4 un schiste à muscovite-chlorite - quartz (- albite) gris verdâtre.

Les lithologies de l'unité SS4 sont en contact graduel avec celles des unités SS5 et SS7. Leur contact avec les schistes graphitiques de l'unité SS1 n'a pas été observé.

#### Métawacke (SS5)

Cette unité correspond à un métawacke à quartz - albite (?) - muscovite d'altération gris blanchâtre. La roche est généralement d'une granulométrie grossière. La présence de grains détritiques de quartz bleus est caractéristique.

L'unité SS5 est en contact franc avec l'unité SS1. Ce contact peut être observé le long du chemin du Mont Echo, à 200 m au nord de son intersection avec le chemin Rosenberry.

Nous croyons que les unités SS4 et SS5 pourraient représenter des roches de la séquence de rift, ultérieurement incorporées aux Schistes de Sutton.

#### Serpentinite (SS9)

Des copeaux de serpentinite apparaissent le long d'un contact entre les unités SS1 et SS2. Ils forment des masses lenticulaires et discontinues, marquées par un relief positif sur le terrain. Les copeaux sont généralement de faibles dimensions, atteignant un maximum de 50 X 100 m. La roche est d'un vert sombre, s'altérant en brun. L'antigorite et le talc en sont les principaux constituants. La magnétite, la pyrite, de même que de rares veines de chrysotile, sont parfois présentes. Partout, la roche est fortement cisailée. Localement, des blocs massifs d'antigorite vert noirâtre "flotte" dans une matrice de serpentinite cisailée. De petites veinules de calcite sont parfois présentes le long des plans de cisaillement.

Deux affleurements de l'unité SS9 contiennent aussi de petits

massifs d'amphibolite. Cette roche, essentiellement composée d'actinote, d'épidote et de plagioclase, est très dure et de couleur noire.

L'occurrence de copeaux de serpentinite le long d'un même contact indique vraisemblablement un contact de faille précoce.

#### UNE ORIGINE TECTONIQUE POUR LES SCHISTES DE SUTTON ?

La nature hétérogène de l'unité SS1, la présence de fragments ophiolitiques (serpentinites), l'apparente discontinuité des unités SS2 à SS5, de même que le manque d'organisation stratigraphique, nous portent à proposer que les Schistes de Sutton représentent un mélange tectonique. Nous entendons par "mélange tectonique" un assemblage lithologique n'ayant pas de continuité stratigraphique interne, contenant des "blocs exotiques" par rapport à la matrice, et résultant principalement de processus tectoniques (Raymond 1984).

Nous croyons que l'unité SS1 pourrait à l'origine être corrélative avec la Formation de Sweetsburg et l'unité SS8 (fig.8), en étant cependant un équivalent distal reposant sur (ou à proximité de) la croûte océanique. Cette unité aurait par la suite été démembrée lors de son incorporation dans le prisme d'accrétion tectonique, résultant en la disruption des caractères primaires de la roche.

Au moment où le prisme d'accrétion chevauche la marge continentale, des fragments des roches du domaine continental sont incorporés au mélange le long de faille pré-métamorphiques (unité SS2 à SS7).

# GROUPE DE STANBRIDGE (ST)

Cette unité lithostratigraphique fut tout d'abord décrit comme "Complexe de St-Germain" (Eakins 1964). Par la suite, Clark & Eakins (1968) lui attribuent le nom de "Complexe de Stanbridge". C'est Charbonneau (1980) qui a proposé la terminologie de Groupe de Stanbridge.

Charbonneau (1980) reconnaît une séquence inférieure, une unité intermédiaire de rythmites, et une séquence supérieure à l'intérieur du Groupe de Stanbridge. Dans la portion de sa carte adjacente à notre région, Charbonneau regroupe les différentes lithologies du Stanbridge en une unité non-divisée.

Dans notre région, les roches du Groupe de Stanbridge affleurent dans le coin nord-ouest de notre carte. Le peu d'affleurements visités à ce jour ne nous permettent pas d'établir de sub-divisions à l'intérieur du Stanbridge.

Les lithologies suivantes sont attribuées au Groupe de Stanbridge: un mudstone homogène gris clair, calcaireux et pyriteux; une alternance de lits centimétriques de mudstone graphiteux et de calcaire gris moyen; une ardoise carbonatée, graphiteuse et pyriteuse, contenant des bancs décimétriques de calci-lutite noirâtre; une ardoise argilo-dolomitique; et, une ardoise noire homogène.

Riva (dans Charbonneau 1980) rapporte des faunes de graptolites d'âge Llanvirnien à Caradocien (Ordovicien moyen) dans le secteur de Cowansville.

Nous attribuons aussi au Groupe de Stanbridge (ST?) les roches affleurant le long du chemin Iron Hill, au nord de la route 104, à 3,4 km au nord-est de Gilman Corner.

Il s'agit d'alternances de lits centimétriques d'ardoise noire, et de siltstones blanc et vert clair. La stratification y est clairement définie. Les déformations synsédimentaires y sont communes. Un lit décimétriques de quartzite dolomitique est interstratifié avec les ardoises.

La corrélation de ces lithologies avec le Groupe de Stanbridge est incertaine. Nous établissons cette corrélation sur le fait que ces lithologies n'ont aucun équivalent dans le Groupe de Oak Hill, et sur la base d'une similitude lithologique avec le Groupe de Stanbridge tel que défini par Charbonneau (1980). La relation de ces roches avec le Groupe de Oak Hill est inconnue.

#### COMPLEXE IGNE DE BROME (BR)

La moitié sud du complexe igné du Mont Brome affleure au centre-nord de notre carte. Ce pluton fait partie de la province ignée des collines montréalaises. Pour les besoins de notre investigation, nous n'avons cartographié que son contact avec les métasédiments du Groupe de Oak Hill. L'aurole de métamorphisme se limite à une légère recristallisation des métasédiments.

Les travaux de Valiquette & Pouliot (1977) indiquent que la partie sud du pluton consiste essentiellement en des gabbros, et des quantités mineures de nordmarkite et de pulaskite.

Des âges de 136-139 Ma et de 117-118 Ma ont été obtenues pour les deux épisodes magmatiques reconnus au Mont Brome (Eby 1984).

## GEOLOGIE STRUCTURALE

La région du Lac Brome a été affectée par trois phases de déformation d'âge taconique. Les différents éléments planaires et linéations, de même que les structures mésoscopiques associées, seront discutés dans cette section. Nous conclurons ce chapitre par la présentation de notre interprétation de l'évolution structurale de la région du Lac Brome.

Pour les besoins de notre analyse structurale, nous avons subdivisée la région en quatre domaines structuraux correspondant aux domaines lithotectoniques introduits au chapitre précédent. Les limites des différents domaines correspondent à des contacts tectoniques majeurs.

Le domaine 1 correspond à la Nappe de Stanbridge (fig.9). Notre discussion des structures associées à ce domaine sera très limitée, en raison du peu d'information recueillies à ce jour.

Le domaine 2, la Nappe de Oak Hill, a été subdivisé en quatre sous-domaines (2.1 à 2.4). La limite des sous-domaines a été établie approximativement sur la base d'une estimation visuelle des variations des structures de deuxième phase.

Le domaine 3 correspond au "synclinal" de Sutton-Richford. Ce domaine est subdivisé en deux sous-domaines (3.1 et 3.2). Le sous-domaine 3.1 correspond à la "zone de faille de Mansville" et est caractérisé par une tectonique cassante dominante.

Finalement, le domaine 4 représente le flanc ouest de l'antiforme de St-Etienne. Ce domaine pourrait faire l'objet de subdivisions ultérieurement.

La description des éléments structuraux et des structures mésoscopiques est essentiellement basée sur leur aspect à l'intérieur

de la Nappe de Oak Hill. Nous référerons aux différents domaines et sous-domaines lorsque l'aspect ou le style de ces structures varieront à l'intérieur d'un domaine particulier.

### ELEMENTS STRUCTURAUX

Les différents éléments structuraux ont été compilés sur canevas équiaires à l'aide du programme STEREO.NET. Les canevas équiaires des éléments structuraux pour chacun des domaines et/ou sous-domaines sont présentés en figure 9.

#### SCHISTOSITE $S_1$

La schistosité  $S_1$  est définie par l'alignement des phyllosilicates, conférant un aspect schisteux à la roche. Cette schistosité est particulièrement bien développée dans les ardoises et phyllades. Dans le secteur ouest (domaine 2.1),  $S_1$  est parallèle à la stratification ( $S_0$ ) et de plan axial à de petits plis isoclinaux  $P^0_1$ . Vers l'est,  $S_1$  est progressivement transposé le long de  $S_2$ .  $S_1$  est la foliation dominante dans le domaine 4. Des veines de quartz laiteux sont fréquentes le long du plan  $S_1$  dans les domaines 2 et 3, et pratiquement omniprésentes dans le domaine 4. Elles sont souvent affectées par des plis de deuxième phase.

Des linéations d'étirement sont parfois associées à cette foliation (en particulier dans la Formation de Frelighsburg). Ces linéations pourraient représenter les reliques d'axes de plis  $P_1$ .

#### CLIVAGE DE CRENELURE $S_2$

Le clivage  $S_2$  définit la foliation dominante dans les domaines 2 et 3. Dans les domaines 2.1 et 2.2,  $S_2$  est un clivage de fracture (dans les ardoises), un clivage anastomosé (dans les arkoses et schistes

quartzeux), ou un clivage de crénulation sur  $S_1$  (schistes et phyllades). Le plan de clivage est généralement marqué par une recristallisation de la muscovite.

Dans les domaines 2.3 et 2.4, de même que dans le domaine 3, la transposition s'intensifie le long du plan  $S_2$ .  $S_2$  y est mieux défini comme un "slip cleavage". La forte recristallisation des micas confère un aspect lustré au plan de clivage. Dans le domaine 3.1, le plan  $S_2$  présente une anisotropie favorable au développement de plans de cisaillement. Dans le domaine 4,  $S_2$  est faiblement développé et est souligné par un subtile alignement des micas.

Le clivage  $S_2$  est de plan axial aux plis  $P^0_2$  et  $P^1_2$ . Ce clivage est le résultat d'un processus de pression-dissolution ("pressure solution").

Dans le domaine 2, l'attitude moyenne de  $S_2$  est de N025E. Les pôles du plan  $S_2$  définissent une concentration-point dans tous les sous-domaines. Toutefois, dans les domaines 2.1 et 2.2,  $S_2$  pente modérément à fortement au sud-est, alors que dans les domaines 2.3 et 2.4 il pente fortement au nord-ouest.

Dans le domaine 3, son attitude moyenne est de N020E et il pente fortement au nord-ouest. Les pôles de  $S_2$  définissent une concentration-point dans le domaine 3.1, alors qu'ils sont plus dispersés dans le domaine 3.2, indiquant une plus grande influence de la troisième phase.

Dans le domaine 4, le clivage  $S_2$  est sub-parallèle à la schistosité  $S_1$ , définissant un clivage-composite. L'interférence de ces deux éléments planaires est le mieux exprimée par une linéation d'intersection, le plus souvent définie par des tiges de quartz.

CLIVAGE DE FRACTURE  $S_3$ 

$S_3$  est un clivage de fracture espacé de 0,5 à 1 cm. Il est très peu développé dans le secteur ouest (domaines 2.1 et 2.2). Sa présence est plus notable dans les domaines 2.3, 2.4 et 3.1.  $S_3$  est omniprésent dans les domaines 3.2 et 4, et crénule le plan  $S_2$ . Ces crénulations indiquent avec consistance un sens de rotation vers l'est, probablement relié à la trace axiale de l'antiforme de St-Etienne. Dans le domaine 4, quelques micas ont recristallisés le long du clivage  $S_3$ .  $S_3$  est de plan axial aux plis  $P^1_3$  et  $P^2_3$  observés dans les domaines 3 et 4.

Les pôles de  $S_3$  définissent des concentrations-point dans tous les domaines structuraux, indiquant qu'aucune phase subséquente a affectée les structures de troisième phase. Le clivage  $S_3$  pente fortement à l'est-sud-est. Dans les domaines 2 et 3.1, son attitude moyenne est de N005E, alors qu'elle est de N016E dans les domaines 3.2 et 4.

CLIVAGE DE FRACTURE ET KINKS TARDIFS  $S_4$ 

Ces structures sont développées presque exclusivement dans les domaines 2.1 et 2.2. Il s'agit de clivages de fracture espacés de 2-3 cm et de kinks conjugués (fig.10). Les attitudes du système conjugué définissent deux concentrations-point des pôles de  $S_4$ , respectivement orientée à N050E et N060W.

Nous attribuons un âge  $D_4$  aux réseaux de kinks afin de les distinguer des structures d'âge  $D_3$ . Cependant, aucune évidence de terrain ne nous a permis de définir clairement une telle relation d'âge. Nous croyons plutôt que  $S_4$  pourrait être contemporain à la déformation  $D_3$ , et serait par conséquent relié au chevauchement séparant les Nappes de Oak Hill et de Stanbridge.

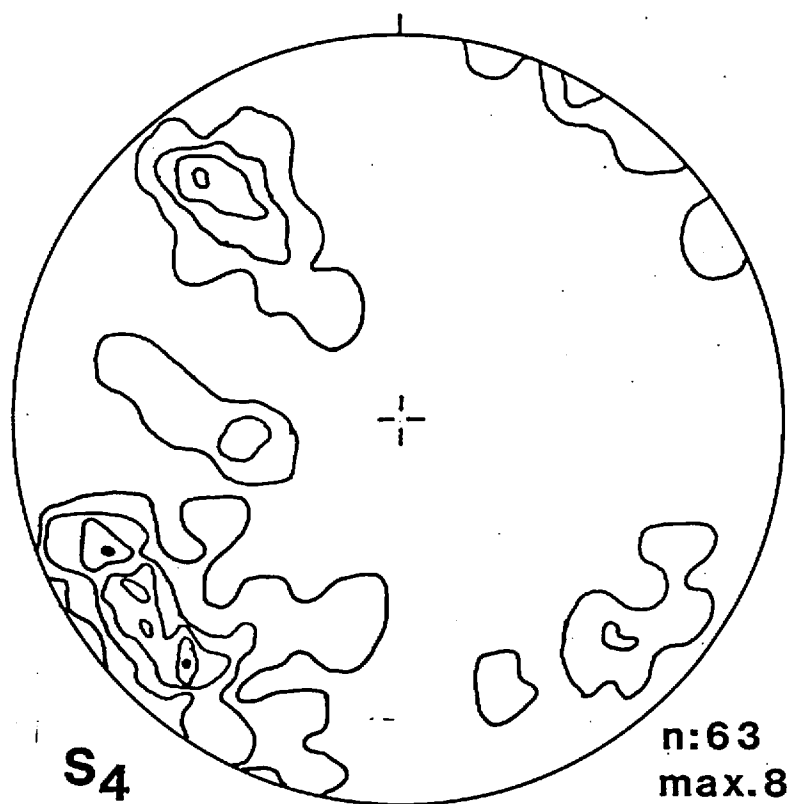


FIGURE 10: Canevas équaire des pôles de clivages conjugués ( $S_4$ ) pour les domaines 2.1 et 2.2. Projection dans l'hémisphère sud, orientée au nord. Contours de 1, 3, 5, et 7 points par 1% de surface.

## LINEATIONS

Trois types de linéations ont été mesurées sur le terrain: les linéations d'intersection des structures planaires ( $L^0_1$ ,  $L^0_2$ ,  $L^1_2$ ,  $L^0_3$ ,  $L^1_3$  et  $L^2_3$ ), les axes de plis ( $B^0_1$ ,  $B^0_2$ ,  $B^1_2$ ,  $B^0_3$ ,  $B^1_3$  et  $B^2_3$ ), et les linéations minérales ( $L_m$ ).

Le nombre insuffisant de données ne permet pas une compilation statistique des linéations et axes de plis  $D_1$  ( $L^0_1$  et  $B^0_1$ ). Les linéations et axes de plis  $D_2$  ( $L^0_2$ ,  $L^1_2$ ,  $B^0_2$  et  $B^1_2$ ) sont compilées en figure 9 sous le symbole  $L_2$ , étant donné le parallélisme de ces éléments structuraux. Les linéations minérales ( $L_m$ ) semblent aussi être reliées à la phase  $D_2$  (fig.9).

Les linéations et axes de plis de troisième phase ont aussi été compilés ensemble ( $L_3$ ) pour la même raison que donnée plus haut.

STRUCTURES SOUPLESPLIS  $P_0$ 

Nous regroupons par cette désignation les plis d'origine synsédimentaire. Ce type de plis abonde dans la Nappe de Stanbridge, mais sont aussi observés à l'intérieur des Formations de Pinnacle et de Sweetsburg dans la Nappe de Oak Hill. De tel plis ont aussi été reconnus dans l'unité ST?.

PLIS  $P_1$ 

Les plis  $P^0_1$  sont de petits plis isoclinaux préservés dans les zones de charnière de plis  $P^1_2$ . Ces plis sont rarement observés. L'effet de la première phase de plissement est mieux exprimée par le patron cartographique. Sur la coupe structurale (fig.11), ces plis définissent de façon constante des plis en "S", semblant indiquer

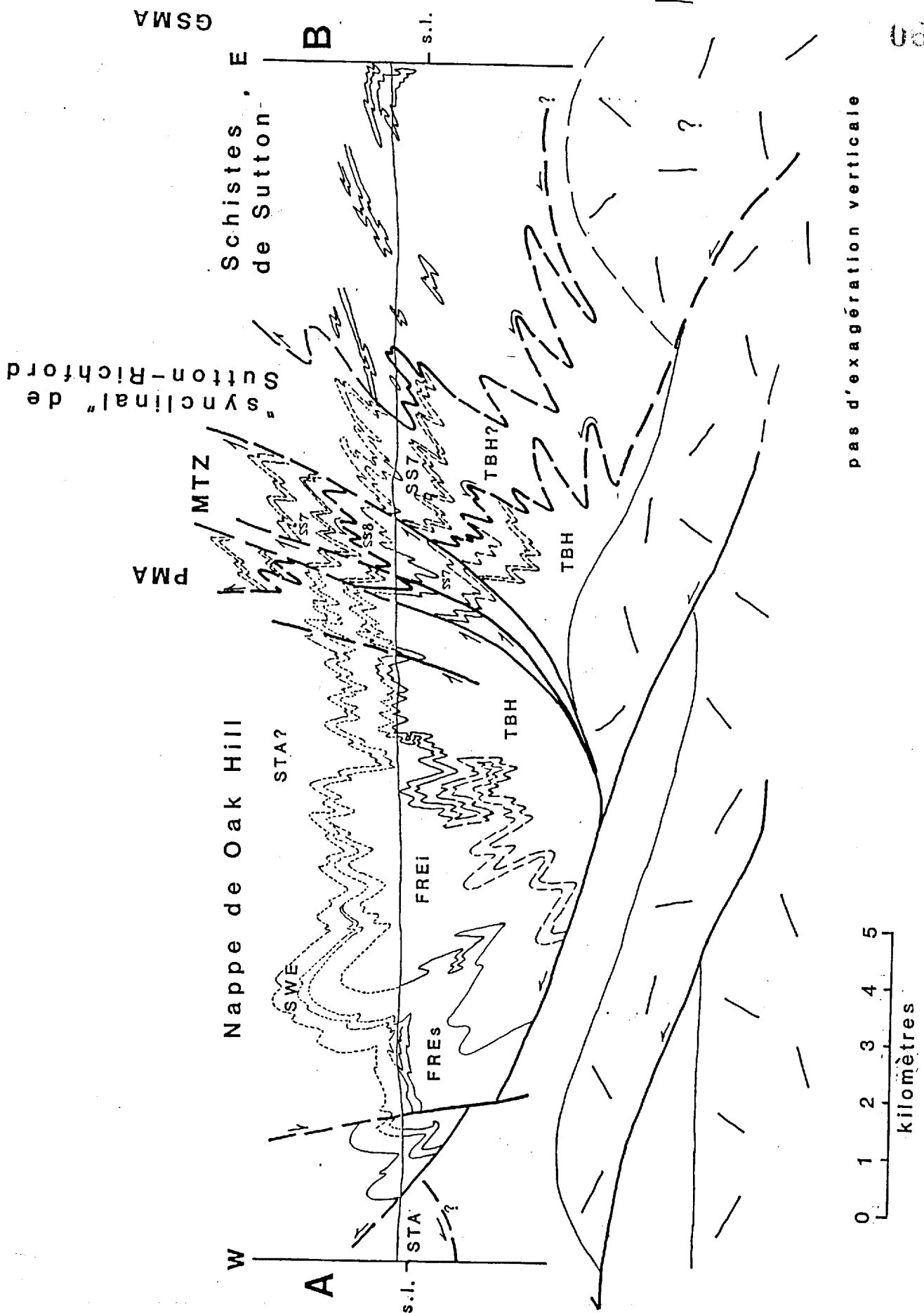


FIGURE 11: Coupe structurale pour la région du Lac Brome, entre Cowansville et le coin sud-est de la carte. La coupe a été complétée à l'aide de données sismiques du nord du Vermont.

qu'une charnière de pli  $P^0_1$  régional pourrait se trouver à l'ouest.

Aucun pli de première phase n'a été reconnu dans le domaine 4.

#### PLIS $P_2$

Nous regroupons ici les plis  $P^0_2$  et  $P^1_2$  sous la désignation de plis  $P_2$ , étant donné que les plans  $S_0$  et  $S_1$  sont sub-parallèles. Ce sont des plis parallèles, sub-horizontaux, déversés au nord-ouest ou droits dans les domaines 1, 2.1 et 2.2.

Dans les domaines 2.3, 2.4 et 3.1, ce sont des plis de classe 2 ou 3, serrés à isoclinaux, droits ou légèrement déjetés au sud-est. Ils plongent faiblement au nord-est ou au sud-ouest. Dans le domaine 3.1, à proximité des plans de faille, les plis  $P_2$  plongent modérément à fortement au nord-est ou au sud-est. Ceci pourrait être le résultat d'une rotation des plis lors d'un mouvement tardi- $D_2$  des failles, ou ces plis pourraient être des "plis en fourreau" ("sheath folds") qui se sont développés lors d'un mouvement syn- $D_2$  des failles.

Les plis de deuxième phase dominant le patron cartographique des domaines 2 et 3. En effet, l'anticlinal du Mont Pinacle est une structure de deuxième phase. Des patrons d'interférence "en crochet" (type 2 de Ramsay 1962) et en "dômes et bassins" (type 1) sont reconnus à l'échelle de la carte tout comme à celle de l'affleurement. Les patrons "en crochet" sont sans aucun doute le résultat d'une interférence entre les plis  $P_1$  et  $P_2$ . Pour leur part, les patrons en "dômes et bassins" pourrait résulter de l'interférence des phases  $D_1$  et  $D_2$ , ou bien tout simplement d'une rotation syn- $D_2$  des axes de plis.

Dans les domaines 3.2 et 4, les plis  $P_2$  sont des plis isoclinaux déversés au sud-est ou couchés, plongeant faiblement vers l'ouest. Ils sont repris par les plis  $P^2_3$ .

PLIS  $P_3$ 

Sont regroupés sous la désignation de plis  $P_3$ , les plis  $P^0_3$ ,  $P^1_3$  et  $P^2_3$ , les plans  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$  étant sub-parallèles là où cette phase de plissement est reconnue. Les plis  $P_3$  n'affectent à toute fin pratique pas les domaines 1 et 2. Les premiers plis mésoscopiques de troisième phase sont reconnus dans le domaine 3. Ils sont très fréquents dans le domaine 4, où ils affectent le patron cartographique.

Ce sont des plis ouverts et des ondulations plongeant faiblement au nord-est. Ces plis définissent systématiquement des "Z" "grimpant" vers la zone de charnière de l'antiforme de St-Etienne, située à l'est immédiat de notre région. Cette structure antiforme de troisième phase correspond à la zone axiale de l'anticlinorium des Monts Sutton.

STRUCTURES CASSANTES

Des failles de chevauchement sont associées à chacune des phases de déformation. Nous emploierons la terminologie  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F_3$  pour désigner les failles associées aux phases  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  respectivement.

Une faille normale a été interprétée dans le secteur ouest de la carte (limite entre les domaines 2.1 et 2.2). Un seul affleurement fut observé le long de ce contact. On peut y voir une brèche consolidée, contenant des fragments anguleux centimétriques, à l'intérieur du membre supérieur de la Formation de Frelighsburg. Cette faille est essentiellement interprétée sur la base d'une répétition de la stratigraphie. Charbonneau (1980) reconnaît des failles similaires dans une position structurale similaire à celle de notre région. Ces failles pourraient être tardi-taconique ou d'âge Mésozoïque.

### FAILLES $F_1$

Une faille ancienne de première phase est exprimée par la présence de serpentinites cisailées le long d'un contact entre les unités SS1 et SS2 dans les Schistes de Sutton (domaine 4). Nous envisageons la possibilité que plusieurs des contacts à l'intérieur de ce domaine soient d'origine tectonique. Ces failles, étant pré-métamorphiques, ne présentent par conséquent pas de fabriques tectoniques, ces dernières ayant été oblitérées par le métamorphisme subséquent.

Nous interprétons aussi le contact entre les Schistes de Sutton et le "synclinal" de Sutton-Richford comme une faille  $F_1$ . Cette dernière serait cependant tardi- $D_1$ , étant donné qu'elle recoupe des structures de première phase. Cette interprétation est basée sur les troncatures lithologiques le long de ce contact, un changement abrupt du grain structural de part et d'autre, et le fait que ce contact est replissé par la deuxième phase. Le contact comme tel n'a pas été observé.

Nous interprétons aussi une faille  $F_1$  dans la "zone de faille de Mansville". Notre principal argument est la présence d'un mini klippe de roches métavolcaniques (Tibbit Hill ?) reposant structuralement sur les phyllades graphitiques de l'unité SS8 (Sweetsburg ?, fig.6).

### FAILLES $F_2$

Des failles de deuxième phase sont reconnues dans la zone de faille de Mansville (domaine 3.1, fig.6), de même que dans la nappe de Oak Hill (domaines 2.3 et 2.4). Ces contacts de faille sont marqués par une foliation mylonitique bien développée, des tectonites C/S, des troncatures lithologiques, et des zones de séricitisation (phyllonite) et de carbonatation. La foliation mylonitique est sub-parallèle au clivage  $S_2$ .

Les failles de la zone de Mansville (domaine 3.1) sont

interprétées comme étant des rétrochariages de vergence sud-est (fig.11). Le transport vers le sud-est est déterminé sur la base de tectonites C/S.

De petites failles  $F_2$  mineures, de vergence nord-ouest sont aussi reconnues dans le domaine 2.3 (cf. fig.5). Ces failles sont contemporaines au rétrochariage de la faille de Mansville, en représentant possiblement le système conjugué.

Nous croyons que les failles  $F_2$  sont tardi- $D_2$ , s'étant développées sur les flancs de plis isoclinaux  $P_2$ .

### FAILLE $F_3$

Une seule faille de troisième phase est interprétée dans la région du Lac Brome. Il s'agit de la Faille Richardson, séparant les Nappes de Oak Hill et de Stanbridge (domaines 2 et 1 respectivement). Le contact de faille n'a pas été observé comme tel, cependant quelques affleurements de la Formation de Sweetsburg montrent des structures cataclasées à proximité de ce contact. Le développement d'un réseau de kinks conjugués ( $S_4$ ) pourrait être associé au mouvement le long de la Faille Richardson.

### EVOLUTION STRUCTURALE DE LA REGION DU LAC BROME

En figure 12, nous présentons une reconstruction partielle de la région du Lac Brome, basée sur la coupe structurale de la figure 11. Mentionnons que la déformation est transgressive d'est en ouest. De plus nous croyons que la déformation tectonique de la région du Lac Brome résulte de l'imbrication d'écaillés du socle lors d'une subduction de type continentale (type A de Hodges et al. 1982). De telles écaillés de socle sont clairement définies sur une coupe sismique dans le nord du Vermont (environ 12 km au sud de notre

région). Conséquemment, les déformations de la région du Lac Brome seraient d'âge tardi-taconique.

La déformation  $D_1$  des Schistes de Sutton est sans aucun doute beaucoup plus ancienne que toutes autres phases de déformation de la région. Tel que mentionné précédemment, cette phase de déformation est probablement associée au stade d'accrétion. On donc penser que ce que nous appelons phase  $D_1$  puisse représenter plusieurs phases de déformation composites selon la définition usuelle.

La première phase dans le "synclinal" de Sutton-Richford correspond à une imbrication de vergence ouest (fig.12e). Au même moment, une première écaille de socle entame la deuxième phase dans les Schistes de Sutton. L'imbrication successive d'écailles du socle résulte en une délamination de la séquence de couvert (i.e. développement de plis/failles antithétiques de vergences est). En effet, l'introduction d'un corps rigide (socle) dans l'empilement structural entraîne une réponse différentielle du couvert rocheux (Dunne & Ferrill 1988).

L'imbrication d'une deuxième écaille de socle entraîne, en premier lieu, la formation de la Nappe de Oak Hill, alors que la phase  $D_2$  suit son cours dans le "synclinal" de Sutton-Richford et les Schistes de Sutton (fig.12c,d). Nous croyons que c'est à ce moment que la Nappe de Stanbridge "glisse" en avant de la Nappe de Oak Hill (fig.12c). Le déplacement continu de cette deuxième écaille de socle produit les plis  $P_2$ , et ultimement les failles  $F_2$  (faille de Mansville), dans la Nappe de Oak Hill, alors que la phase  $D_3$  atteint son "climax" dans les Schistes de Sutton (fig.12b).

Les travaux de Rickard (1965) démontrent que ces deux phases sont contemporaines. Des datations K/Ar des muscovites recristallisées le long des clivages  $S_2$  (Nappe de Oak Hill) et  $S_3$  (Schistes de Sutton)

donnent des âges de  $440 \pm 20$  Ma et  $420 \pm 20$  Ma respectivement (Rickard 1965).

Les structures  $D_2$  de la Nappe de Oak Hill définissent un éventail centré sur la "pointe" de l'écaille de socle sous-jacente. La phase  $D_2$  des Schistes de Sutton résulte probablement de la combinaison d'une compression en cisaillement pur et de l'élévation de la première écaille de socle, lors du déplacement de la deuxième écaille.

L'imbrication d'une troisième écaille de socle est probablement associée avec le développement de la Faille Richardson, et le transport de l'empilement structural de la région (i.e. Nappe de Oak Hill, "synclinal" de Sutton-Richford, et Schistes de Sutton) vers l'ouest (fig.12a). Plus tard, des failles normales recoupent les structures taconiques.

#### METAMORPHISME

A chacune des phases de déformation est associé un événement métamorphique. L'épisode de métamorphisme le mieux préservé est celui associé à la phase  $D_2$  ( $M_2$ ). Les assemblages chlorite-épidote-actinote-albite-sphène, pour les roches basiques de la Formation de Tibbit Hill, et quartz-muscovite-chlorite-stilpnomélane, pour les roches pelitiques, indiquent un métamorphisme du faciès des schistes-verts inférieur, grade de la chlorite. L'apparition de la biotite le long de  $S_2$  marque le passage au grade de la biotite, à l'intérieur du "synclinal" de Sutton-Richford. Les informations actuellement disponibles ne permettent pas de préciser l'isograde de la biotite. Nous croyons toutefois que la faille de Mansville pourrait correspondre à cet isograde.

Des indices d'un métamorphisme plus élevé (schistes-verts supérieur ?), précédant  $M_2$ , sont localement observés. La présence de hornblende entourée d'une excroissance d'actinote (felsites de la Formation de Tibbit Hill), ainsi que de chlorite pseudomorphe après la hornblende (métavolcanites, Schistes de Sutton) témoignent de cet épisode ( $M_1$ ).

Un métamorphisme ( $M_3$ ) du faciès des schistes-verts inférieur, grade de la biotite, accompagne la phase  $D_3$  à l'extrémité est de la région d'étude. La présence de biotite tardive (post- $S_3$ ) est observée à la fois dans les roches basiques et pelitiques.

### GEOLOGIE ECONOMIQUE

Trois types de minéralisation ont été observées sur les terrains investigués: 1) paléoplacers marins de magnéto-ilménite/zircon à la base de la Formation de Pinnacle (grès noirs); 2) chalcopryrite/bornite/pyrite/magnétite disséminée le long des failles  $F_2$ ; et 3) galène/sphalérite/pyrite disséminée dans les marbres dolomitiques de la Formation de Dunham.

### **GRES NOIRS TITANIFERES DE LA FORMATION DE PINNACLE**

La présence de quantité considérable de magnéto-ilménite au sein de la Formation de Pinnacle est connue de longue date (Clark 1936, Booth 1950).

Les dépôts de magnéto-ilménite et de zircon se présentent sous formes de grains détritiques concentrés en petits lits à l'intérieur des wackes de la Formation de Pinnacle. A la base du Pinnacle, des bancs massifs de grès noirs atteignent 4-7 m d'épaisseur. Ces derniers

sont discontinus et lenticulaires, les plus grandes lentilles étant d'extension kilométriques. La description de ces dépôts, de même qu'une discussion de leur origine, sont donnés dans le chapitre sur la stratigraphie (pages 22 et 24).

De telles accumulations de minéraux lourds sont associées à un environnement de plage de haute énergie. Des concentrations similaires sont connus dans les sédiments récents d'Australie (Hutchison 1983) et d'Oregon (Komar & Wang 1984, Peterson et al. 1986, Peterson et al. 1987), de même que dans les roches du Cambrien inférieur de Virginie et du Protérozoïque supérieur de la Série d'Ocoee, au Tennessee (Laznicka 1985, p.527). Dans ce dernier cas, il est très intéressant de constater que la Série d'Ocoee correspond au même environnement tectonique que le Groupe de Oak Hill (i.e. "rifting"). De plus, les localités citées par Laznicka (1985), de même que la région de Sutton, occupent toutes la même position relative à l'intérieur d'un réentrant. Dans notre région, le potentiel titanifère a déjà été mentionné par Gauthier (1985).

Un échantillon de grès noir massif peut contenir jusqu'à 90% de magnéto-ilménite et 5% de zircon. La monazite, rapportée à d'autres localités (Hutchison 1983, Laznicka 1985), n'a pas été observée dans notre région.

En lame-mince polie, les échantillons les plus riches en  $TiO_2$  (rutile, leucoxène, anatase) présentent un lessivage de la magnéto-ilménite. La magnétite s'altère en hématite, tandis que les exsolutions d'ilménite s'altèrent progressivement en rutile, leucoxène et anatase. Ces oxydations successives résultent en des textures "en treillis", pseudomorphes des lamelles d'ilménite. L'hématite est souvent observée comme ciment. Par conséquent, le pourcentage d'hématite appert comme un indicateur de l'état d'oxydation de l'ilménite. Morad & Aldahan (1986) ont décrit ce genre d'altération comme résultant de la diagenèse.

Nous avons précédemment publié des résultats d'analyse pour des échantillons de grès noir massif titrant 27,0%  $\text{TiO}_2$  et 3,21% Zr, et 17,7%  $\text{TiO}_2$  et 1,70% Zr (Colpron 1987b). De nouvelles analyses donnent des résultats de 13,9% et 25,0%  $\text{TiO}_2$  pour deux échantillons provenant de la zone de faille de Mansville. Les résultats en Zr ne sont pas encore disponibles. Mentionnons que cette roche présente aussi des anomalies en Ce (139-198 ppm), Nd (115-270 ppm), Nb (120-270 ppm), Th (43-110 ppm) et Y (130-180 ppm). Un échantillon de la faille de Mansville présente une valeur anormale de 10 ppb Au.

Les localités où des grès noirs massifs de plus de 1 m ont été observés, sont indiquées par un symbole triangulaire sur notre carte.

#### MINERALISATIONS Cu-Ag (-Au)

Les indices de cuivre de la région de Sutton ont fait l'objet d'exploitations artisanales dans la deuxième moitié du 19<sup>e</sup> siècle. Peu d'informations sont disponibles quant à la quantité de minerai extrait. Il semble cependant que ces diverses exploitations furent de courte durée. Ces indices ont été plus récemment l'objet d'études par Harron (1973) et Gauthier (1985). Ces auteurs font aussi état d'un potentiel argentifère.

La minéralisation se présente comme un placage de chalcopryrite-bornite-pyrite ( $\pm$  malachite) le long des plans de foliations ou en association avec des veinules de quartz. Gauthier (1985) mentionne l'apparente affinité de la minéralisation pour les niveaux à sables noirs de la Formation de Pinnacle. Dans la plupart des travaux consultés, on fait mention de schiste à talc-séricite et/ou de zone cisailées.

L'examen microscopique de quelques échantillons collectés au cours de l'été 1986, de même que des échantillons recueillis par M. Gauthier

et son équipe en 1984, confirme l'association des minéralisations cuprifère avec les grès noirs de la Formation de Pinnacle. Nous avons constaté une recristallisation partielle à totale des oxydes de Fe-Ti à proximité des minéralisation de chalcopryrite-bornite. La magnétite et la chalcopryrite, en particulier, sont fréquemment intimement liées. De tels indices de recristallisation n'ont pas été observés dans les grès noirs, là où la minéralisation cuprifère est absente.

Ces informations, des même que les observations faites sur le terrain, nous portent à conclure que ces minéralisations se sont mises en place par circulation hydrothermale à la faveur de systèmes de failles. Les grès noirs agiraient comme agent réducteur propice à la précipitation des sulfures. L'exemple de l'indice Sweet (cf. Colpron 1987b, fig.18, p.54) illustre bien le modèle proposé.

Une cartographie détaillée de cette localité a révélée que la Formation de Pinnacle est en contact de faille avec les Formations de White Brook et de West Sutton. Des tectonites C/S, de même que des zones séricitisées (phyllonite) et carbonatisées, confirment la présence d'un contact faillé. La découverte de barytine le long d'un contact marbre/wacke appuie l'hypothèse d'une circulation de fluides hydrothermaux. L'âge relatif de la minéralisation, de même que son origine sont encore inconnus.

Plusieurs nouveaux indices ont été découverts dans le secteur de la faille de Mansville au cours de l'été 1987. La minéralisation s'y présente de façon similaire, toutefois la séricitisation et les veines calco-silicatées et dolomitiques y sont plus abondantes. Il est à noter cependant que la minéralisation n'est que rarement associée à un horizon de grès noirs. Cependant, la présence, à proximité, d'horizons graphitiques (unité SSB) pourrait tenir lieu d'agent réducteur. Mentionnons que les zones minéralisées sont marquées par un halo de

magnétite de part et d'autre des plans de faille.

Par analogie avec les indices des Monts Notre-Dame (Gauthier et al. 1987), nous croyons que les zones carbonatisées de la faille de Mansville pourraient révéler un potentiel aurifère.

Les indices de Cu-Ag (-Au) sont indiqués par un symbole hexagonal sur notre carte.

#### MINERALISATIONS Pb-Zn DE LA FORMATION DE DUNHAM

Nous avons visité trois indices de Pb-Zn-Cu au cours de l'été 1987. La minéralisation se présente comme une dissémination de galène-pyrite-sphalérite ( $\pm$  chalcoppyrite) dans un marbre dolomitique blanchâtre de la Formation de Dunham. Les résultats d'analyse d'un échantillon indiquent des valeurs de 668 ppm Zn et 266 ppm Pb.

Ces minéralisations sont étudiées en détail par Boucher (1986) et Gauthier (1985) pour la région de Dunham, au sud-ouest de notre région.

Les indices de Pb-Zn-Cu sont indiquées par un symbole carré sur notre carte.

## REFERENCES

- Bouth, V.H., 1950 - **Stratigraphy and Structure of the Oak Hill Succession in Vermont.** Geological Society of America Bulletin, v.61, p. 1131-1168.
- Boucher, Marc, 1986 - **Minéralisation plombo-zincifères de la région de Dunham en Estrie.** Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, ET 85-12, 73 pages.
- Cady, W.M., 1945 - **Stratigraphy and structure of west-central Vermont.** Geological Society of America Bulletin, v.56, p. 515-588.
- \_\_\_\_\_, 1960 - **Stratigraphic and geotectonic relationships in Northern Vermont and Southern Quebec.** Geological Society of America Bulletin, v.71, p. 531-567.
- Charbonneau, J.-M., 1980 - **Région de Sutton (M).** Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, DPV-681, 89 pages.
- \_\_\_\_\_, 1981 - **Géologie du Groupe de Oak Hill entre Saint-Sylvestre et Saint-Jacques-de-Leeds.** Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, DPV-790, 32 pages.
- Clark, T.H., 1931 - **Lowest Cambrian of southern Quebec.** Geological Society of America Bulletin, abstract, v.17, p. 497-522.
- \_\_\_\_\_, 1934 - **Structure and Stratigraphy of Southern Quebec.** Geological Society of America Bulletin, v.45, p. 1-20.
- \_\_\_\_\_, 1936 - **A Lower Cambrian Series from Southern Quebec.** Transactions of the Royal Canadian Institute, n.45, v.21, part I, p. 135-151.
- \_\_\_\_\_, Eakins, P.R., 1968 - **The Stratigraphy and Structure of the Sutton area of Southern Quebec.** in Tectonics of the Appalachians, Northern and Maritimes, ed. by E.-An Zen, W.S. White, J.B. Hadley and J.B. Thompson Jr, Wiley, Interscience, New York, p. 163-173.
- \_\_\_\_\_, McGerrigle, H.W., 1944 - **Oak Hill Series, Farnham Series and Philipsburg Series.** in Geology of Quebec, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, RG-20, v.II, p. 386-407.
- Clifton, H.E., 1969- **Beach lamination: nature and origin.** Marine Geology, v.7, p. 553-559.
- \_\_\_\_\_, Hunter, R.E.- Phillips, R.L., 1971- **Depositional structures and processes in the non-barred high-energy nearshore.** Journal of Sedimentary Petrology, v.41, p. 651-670.
- Coish, R.A.- Fleming, F.S.- Larsen, M.- Poyner, R.- Seibert, J., 1985- **Early Rift history of the Proto-Atlantic ocean: geochemical evidence from metavolcanic rocks in Vermont.** American Journal of Science, v.285, p. 351-378.

- Colpron, M., 1987a - **Géologie de la région de Sutton (NE)**. Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, carte annotée, échelle 1:20 000, DP 86-33.
- \_\_\_\_\_, 1987b - **Géologie de la région de Sutton (NE)**. Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, rapport intérimaire, MB 87-29, 60 pages.
- \_\_\_\_\_, 1988 - **Géologie de la région du Lac Brome**. Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, carte annotée, échelle 1:20 000.
- Cooke, H.C.- Eakins, P.R.- Tiphane, M., 1962 - **Shefford Map-area, Shefford and Brome counties, Eastern Township of Quebec**. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, DP-187, 145 pages.
- Dennis, J.G., 1964 - **The Geology of the Enosburg area, Vermont**. Vermont Geological Survey, Bulletin No.23, 56 pages.
- De Römer, H.S., 1960 - **Geology of the Eastman - Orford Lake area, Eastern Townships, province of Quebec**. thèse de doctorat, Université Mc Gill, Montréal, 397 pages.
- Dewey, J.F., 1982 - **Plate tectonics and the evolution of the British Isles**. Journal of the Geological Society of London, v.139, p. 1-41.
- Doll, C.G.- Cady, W.H.- Thompson, J.B.Jr- Billings, M.P., 1961- **Centennial geological map of Vermont**. Vermont Geological Survey, 1:250 000.
- Doolan, B.L., 1987 - **Stratigraphy and structure of the Camel's Hump Group along the Lamolle river transect, northern Vermont**. in NEIGC 1987: Guidebook for field trips in Vermont, vol.2. D.S. Westerman (ed.), Norwich University, Northfield, Vermont, trip B-2, p. 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**. thèse de maîtrise, Université du Vermont, Burlington, Vermont, 186 pages.
- Dunne, W.M.- Ferrill, D.A., 1988 - **Blind thrust systems**. Geology, v.16, p. 33-36.
- Eakins, P.R., 1964 - **Région de Sutton, Québec**. Commission Géologique du Canada, Etude 63-34, 3 pages.
- Eby, G.N., 1984- **Geochronology of the Monteregian Hills alkaline igneous province**. Geology, v.12, p. 468-470.
- Ells, R.W., 1897 - **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, v.7, p. 5J-103J, 126J-170J et carte 571.
- Emerson, B., 1917 - **Geology of Massachusetts and Rhode Island**. U.S. Geological Survey, Bulletin 597, 289 pages.

- Fichter, L.S.- Diecchio, R.J., 1986 - **Stratigraphic model for timing the opening of the Proto-Atlantic Ocean in northern Virginia.** *Geology*, v.14, p. 307-309.
- Gauthier, M., 1985 - **Synthèse métallogénique de l'Energie et de la Beauce (Secteur Sud).** Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, MB 85-20, 191 pages.
- \_\_\_\_\_, Auclair, M.- Durocher, M., 1987 - **Synthèse métallogénique de l'Energie et de la Beauce (secteur Nord).** Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec.
- Globensky, Y., 1978 - **Région de Drummondville.** Ministère des Richesses Naturelles du Québec, RG-192, 107 pages.
- Harron, G.A., 1973 - **The metallogeny of sulphide deposits in the Eastern Townships.** Ministère des Richesses Naturelles, Québec, DP-253, 36 pages.
- Hodges, K.V.- Bartley, J.M.- Burchfield, B.C., 1982 - **Structural evolution of an A-type subduction zone, Lofoten-Rombak area, northern Scandinavian Caledonides.** *Tectonics*, v.1, n.5, p. 441-462.
- Hutchison, C.S., 1983 - **Economic deposits and their tectonic setting.** Wiley-Interscience, New-York, 365 pages.
- Keith, A., 1923 - **Cambrian succession of northwestern Vermont.** *American Journal of Science*, v.5, no.26, p. 97-139.
- Keppie, J.D., 1985 - **The Appalachian collage.** in The Caledonide Orogen - Scandinavia and related areas. D.G. Gee and B.A. Sturt (eds.), John Wiley & Sons Ltd, p. 1217-1226.
- Komar, P.D.- Wang, C., 1984- **Processes of selective grain transport and the formation of placers on beaches.** *Journal of Geology*, v.92, p. 637-655.
- Kumarapeli, P.S.- Goodarce, A.K.- Thomas, M.D., 1981 - **Gravity and magnetic anomalies of the Sutton Mountains region, Quebec and Vermont: expressions of rift volcanics related to the opening of Iapetus.** *Journal Canadien des Sciences de la Terre*, v.18, n.4, p. 680-692.
- Lamothe, D., 1979 - **Région de Bolton Centre.** Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, rapport préliminaire, DPV-687, 14 pages.
- \_\_\_\_\_, 1981a - **Région de Mansonville.** Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, rapport intérimaire, DPV-833, 19 pages.
- \_\_\_\_\_, 1981b - **Région du Mont Sugar Loaf.** Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, rapport intérimaire, DPV-839, 12 pages.
- Laznica, P., 1985 - **Empirical metallogeny: depositional environments, lithologic associations and metallic ores.** in Development in economic geology, Elsevier, Amsterdam, 1758 pages.

- Logan, W.E., 1849 - **Examen de la contrée du sud du Saint-Laurent qui s'étend des environs de Montréal et du Lac Champlain à la rivière Chaudière.** Commission Géologique du Canada, rapport de progrès 1847-1849, p. 5-916.
- Marquis, R., 1985 - **Géologie de la région de Richmond, cantons de Melbourne et de Durham (comtés de Richmond et de Drummond).** Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec, MB 85-30, 62 pages.
- \_\_\_\_\_, 1987 - **Géologie de la région de Richmond.** Ministère de l'Energie et des Ressources, Québec, rapport intérimaire, MB 87-31, 82 pages.
- McKenzie, D.P., 1978 - **Some remarks on the development of sedimentary basins.** Earth and Planetary Science Letters, v.40, p. 25-32.
- Merthens, C.J., 1985 - **The Cambrian platform in northwestern Vermont.** Vermont Geology, Vermont Geological Society, v.4, p. E1-E21.
- Morad, S.- Aldahan, A.A., 1986 - **Alteration of detrital Fe-Ti oxides in sedimentary rocks.** Geological Society of America Bulletin, v.97, p. 567-578.
- Osberg, P.H., 1965 - **Structural Geology of the Knowlton-Richmond area, Quebec.** Geological Society of America Bulletin, v.76, p. 223-250.
- \_\_\_\_\_, 1969 - **Lower Paleozoic stratigraphy and structural geology, Green Mountain-Sutton Mountain Anticlinorium, Vermont and Southern Quebec.** American Association of Petroleum Geologists, Memoir 12, p. 687-700.
- Peterson, C.D.- Gleeson, G.W.- Wetzel, N., 1987- **Stratigraphic development, mineral sources and preservation of marine placers from Pleistocene terraces in southern Oregon, USA.** Sedimentary Geology, v.53, p. 203-229.
- \_\_\_\_\_- Komar, P.D.- Scheidegger, K.F., 1986- **Distribution, geometry, and origin of heavy mineral placer deposits on Oregon beaches.** Journal of Sedimentary Petrology, v.56, p. 67-77.
- Pintson, H.- Kumarapeli, P.S.- Morency, M., 1985 - **Tectonic significance of the Tibbit Hill Volcanics, geochemical evidence from Richmond area, Quebec.** Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 85-1A, p. 123-130.
- Ramsay, J.G., 1962 - **Interference pattern produced by the superposition of folds of similar type.** Journal of Geology, v.70, p. 466-481.
- Rankin, D.W., 1976 - **Appalachian salients and recesses: Late Precambrian continental breakup and the opening of the Iapetus ocean.** Journal of Geophysical Research, v.81, no.32, p. 5605-5619.
- Raymond, L.A., 1984 - **Classification of melanges.** in Melanges: their nature, origin, and significance, L.A. Raymond (ed.), Geological Society of America, Special Paper 198, p. 7-20.

Rickard, M.J., 1964 - **Metamorphic tourmaline overgrowths in the Oak Hill series of Southern Quebec.** Canadian Mineralogist, v.8, p. 86-91.

\_\_\_\_\_, 1965 - **Taconic orogeny in the Western Appalachians: experimental application of microtextural studies to isotopic dating.** Geological Society of America Bulletin, v.76, p. 523-536.

Roth, H., 1965 - **A structural study of the Sutton Mountains, Quebec.** Thèse de Doctorat, Université McGill, Montréal, 139 pages.

Selwyn, A.R.C., 1879 - **Rapport des opérations pour l'année 1877-78.** Commission Géologique du Canada, p. 1A-15A.

Shaw, A.B., 1954 - **Lower and lower Middle Cambrian faunal succession in northwestern Vermont.** Geological Society of America Bulletin, v.65, p. 1033-1046.

\_\_\_\_\_, 1958 - **Stratigraphy and structure of the St. Albans area, northwestern Vermont.** Geological Society of America Bulletin, v.69, p. 517-567.

Stanley, R.S.- Ratcliffe, N.M., 1985 - **Tectonic synthesis of the Taconian orogeny in western New England.** Geological Society of America Bulletin, v.96, p. 1227-1250.

\_\_\_\_\_- DelloRusso, V.- O'Loughlin, S.- Lapp, E.T.- Armstrong, T.R.- Prewitt, J.- Kraus, J.F.- Walsh, G.J., 1987a - **A transect through the pre-Silurian rocks of central Vermont.** in NEIGC 1987: Guidebook for field trips in Vermont, vol.2, D.S. Westerman (ed.), Norwich University, Northfield, Vermont, trip B-8, p. 272-295.

\_\_\_\_\_- Armstrong, T.R.- Kraus, J.F.- Walsh, G.J.- Prewitt, J.- Kimball, C.V.- Cua, A.K., 1987b - **The pre-Silurian hinterland along the valleys of the White and Mad rivers, central Vermont.** in NEIGC 1987: Guidebook for field trips in Vermont, vol.2, D.S. Westerman (ed.), Norwich University, Northfield, Vermont, trip C-6, p. 314-335.

St-Julien, P.- Hubert, C., 1975 - **Evolution of the Taconian orogen in the Quebec Appalachians.** American Journal of Science, v.275A, p. 337-362.

\_\_\_\_\_- Slivitsky, A.- Feininger, T., 1983 - **A deep structural profile across the Appalachians of southern Quebec.** in Contribution to the tectonics and geophysics of mountain chains, ed. by R.D. Hatcher Jr, H. Williams, I. Zietz, Geological Society of America, Memoir 158, p. 103-111.

Tauvers, P.R., 1982 - **Bedrock Geology of Lincoln area, Vermont.** Vermont Geological Survey, Special Bulletin No.2, 8 pages.

Thomas, W.A., 1977 - **Evolution of Appalachian- Ouachita salients and recesses from reentrants and promontories in the continental margin.** American Journal of Science, v.277, p. 1233-1278.

Valiquette, G.- Pouliot, G., 1977- **Geology of Mounts Brome and Shefford.** Ministère des Richesses Naturelles, Québec, ES-28.

Williams, H., 1978 - **Tectonic lithofacies map of the Appalachian orogen.** Memorial University of Newfoundland, map no.1a, échelle 1:2 000 000.

           - St-Julien, P., 1982 - **The Baie Verte-Brompton line: early paleozoic continent-ocean interface in the Canadian Appalachians.** in Major structural zones and faults of the northern Appalachians. P. St-Julien and J. Béland (eds.), Geological Association of Canada, Special Paper 24, p. 177-207.