RG 008

REGION DE LA MINE EUSTIS, CANTON D'ASCOT

Documents complémentaires

Additional Files





Licence



License

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources naturelles
Québec

PROVINCE DE QUÉBEC, CANADA

Ministère des Mines et des Pêcheries Maritimes

L'honorable EDGAR ROCHETTE, *ministre* — A.-O. DUFRESNE, *sous-ministre*

SERVICE DES MINES

DIVISION DES GÎTES MINÉRAUX
BERTRAND-T.DENIS, *chef*

RAPPORT GEOLOGIQUE No 8

RÉGION DE LA MINE EUSTIS

CANTON D'ASCOT

par

G. Vibert Douglas

QUÉBEC
RÉDEMPTI PARADIS
IMPRIMEUR DE SA MAJESTÉ LE ROI

1941

RÉGION DE LA MINE EUSTIS

CANTON D'ASCOT

par G. Vibert Douglas

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	5
TOPOGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE	5
GÉOLOGIE GÉNÉRALE	6
Aperçu historique	6
Résumé des conclusions	7
Comparaison avec d'autres régions	8
Tableau des formations	11
Ordovicien	11
Ardoise noire	11
Calcaire	14
Dévonien ou Silurien (?)	14
Diorite	14
Porphyre quartzifère	15
Dévonien (?)	17
Dykes de lamprophyre	17
Pléistocène	19
MÉTAMORPHISME ET MÉTASOMATISME	19
Roche verte	21
TECTONIQUE	22
GÉOLOGIE APPLIQUÉE	24
Mine Eustis	24
Perspectives d'avenir	27
Comparaison avec d'autres gisements	28
Mine Suffield	29
BIBLIOGRAPHIE	30

CARTES ET ILLUSTRATIONS

Page

Carte No 477. — Région de la mine Eustis, canton d'Ascot, comté de Sherbrooke ..... (en pochette)
Carte No 468. — Mine Eustis, canton d'Ascot. Plan des étages de 2,800, 3,200 et 3,400 pieds ..... (en pochette)
Figure 1. — Carte schématique montrant la position des axes 6
Figure 2. — Coupe Sud-est—Nord-ouest le long du ruisseau Capel 8
Figure 3. — Coupe synoptique des formations de la région de Littleton-Moosilauke, New Hampshire 9
Figure 4. — Plan de la région comprenant le ruisseau Jack et la ferme Holmehurst 12
Figure 5. — (a) Coupe schématique d'un filon-couche recoupant l'ardoise noire. 20
Figure 5. — (b) Coupe schématique montrant une roche ignée qui sous-cave un toit d'ardoise dont un témoin est enclavé dans la roche intrusive 20
Figure 6. — Courbe représentant la température de la roche encaissante d'un filon-couche de porphyre quartzifère 20
Figure 7. — Plis étirés à l'étage de 3,400 pieds de la mine Eustis. Vus vers le Sud-ouest 23
Figure 8. — Faux clivage dans le schiste séricitique. Mur de la lentille cuprifère, à l'étage de 3,400 pieds de la mine Eustis 23
Figure 9. — Coupe verticale à travers le puits de la mine Eustis 25
Figure 10. — Schéma montrant l'arrangement des lentilles de sulfures de la mine Eustis 26

PLANCHES

(Après la page 16)

Planche I — A.—Vue de la partie Sud-est de la région.
B.—Conglomérat ordovicien au Nord-ouest de Weedon.
C.—Conglomérat silurien de base, rangs VII et VIII, canton de Stoke. Le chemin central de Stoke près de l'extrémité Nord-ouest de la montagne Stoke.
Planche II — A.—Quartzite à grain fin, Asbury's Corner.
B.—Diorite, mont Albert (nicols croisés).
C.—Porphyre quartzifère de Suffield (nicols croisés).
D.—Dyke antérieur au minerai, Eustis, 3,200 pieds.
E.—Lamprophyre à augite, Eustis, 3,200 pieds.
Planche III — A. (27, 29, 39).—Dyke noir postérieur au minerai, Mine Eustis.
B.—Contact au ruisseau Jack's.
C. (19, 20, 6, 3a).—Phase de la formation de la roche verte.
D. (79, 73).—Phase de la formation de la roche verte.
E. (64, 60, 57).—Minerai de la mine Eustis.
Planche IV — A.—Ruisseau Jack's. Enclave d'ardoise noire dans le schiste séricitique.
B.—Gravière près de la ferme Holmehurst.
C.—Ruisseau Jack's. Plis étirés au sein du schiste sériticique.

RÉGION DE LA MINE EUSTIS

CANTON D'ASCOT

par G. Vibert Douglas

INTRODUCTION

Au cours de la saison de 1937, nous avons fait une étude géologique d'une petite étendue de terrain située dans la partie Sud-ouest du canton d'Ascot, comté de Sherbrooke, dans les cantons de l'Est. Nous avions été chargé de ce travail par le Service des Mines de Québec.

La région que nous avons examinée comprend les lots ou partie des lots 1 à 6 des rangs VIII à XI du canton d'Ascot. Elle est importante au point de vue économique parce que c'est là qu'est située la mine Eustis qui produit encore du minerai de cuivre et pyrite (soufre) après plus de soixante dix ans d'activité ininterrompue; d'autres mines, telles les mines Capelton et Suffield, actuellement fermées, se trouvent également dans ses limites.

Afin de reporter la géologie sur la carte avec des détails suffisants, nous avons fait un relevé à la planchette de toute la région, à l'échelle de deux cents pieds au pouce.

M. F. W. Snow et M. H. F. Brownbill, respectivement gérant et surintendant de la Consolidated Copper and Sulphur Company, Limited, qui exploite la mine Eustis, nous ont très généreusement fourni tous les renseignements géologiques, qu'ils avaient en mains, sur les terrains de la compagnie et ont facilité par tous les moyens possibles notre examen des chantiers souterrains de la mine.

M. D. Boucher, dessinateur en chef au Service des Mines de Québec, passa deux semaines dans la région et il nous fut d'un grand secours pour la compilation des cartes.

Roger Desjardins, étudiant à l'École Polytechnique, remplit efficacement ses devoirs d'aide surtout dans le maniement des instruments.

TOPOGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE

La contrée située entre les rivières Magog et Massawippi est un étroit plateau — généralement connu sous le nom de chaîne d'Ascot — orienté au Nord-est et élevé d'environ 500 pieds au-dessus des vallées qui longent ses bords. Le bord Sud-est du plateau, faisant face à la Massawippi, est fort abrupt, mais sur le côté Nord-ouest la pente est plutôt graduelle jusqu'aux basses terres de la rivière Magog. Le plateau est à un stade d'érosion avancé, et son côté Sud-est est plus jeune que son côté Nord-ouest. Les deux vallées qui longent le plateau suivent la direction des formations.

Sur le front Sud-est, le plateau est caractérisé par la présence d'un certain nombre de collines en forme de dôme (voir planche I-A), séparées par des vallées subsidiaires. Ces vallées occupent des plis d'importance secondaire dans la direction des roches, et les collines arrondies sont des contreforts dont la convexité est tournée vers le Sud-est. Ces variations de la direction sont importantes par rapport à la minéralisation dans la région. Nous en reparlons dans les pages suivantes de ce rapport.

Le système hydrographique dominant dans la région est celui de la rivière Saint-François et de ses tributaires, les rivières Magog et Massa-

wippi. La rivière Magog sert de décharge aux lacs Memphrémagog et Magog et celle-ci coule vers le Nord-est pour se jeter dans la Saint-François à la ville de Sherbrooke. La Massawippi se jette dans la Saint-François à Lennoxville. Elle prend sa source dans le lac Massawippi et, sur la distance relativement courte qu'elle parcourt vers le Nord-est jusqu'à la rivière Saint-François, elle reçoit les eaux de la rivière Coaticook à Capelton et celles de la rivière Salmon immédiatement en haut de Lennoxville. La rivière Magog se jette par une chute dans la Saint-François, mais la Massawippi s'y joint de niveau.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE

Aperçu historique

Le canton d'Ascot se trouve dans la zone plissée du soulèvement des Appalaches. La région que nous avons étudiée se trouve à quelques milles au Sud de Sherbrooke et comprend une partie de ce que l'on appelle communément la zone de la montagne Ascot ou Stoke. A une trentaine de milles au Nord-est se trouvent les collines du lac Mégantic, et la chaîne de Sutton, qui est le prolongement vers le Nord de l'axe principal des Montagnes Vertes du Vermont, est à un peu plus de vingt milles au Nord-ouest (Voir la figure 1).

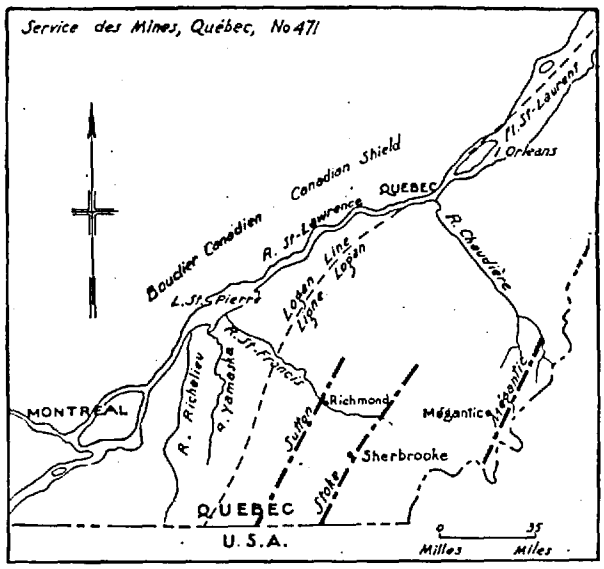


Figure 1. — Carte schématique montrant la position des axes.

Cette région en est une où la géologie est remarquablement complexe. Ses problèmes ont retenu l'attention des géologues depuis les premières années de la fondation de la Commission géologique et, avec la découverte d'importants gisements de cuivre dans le district de Sherbrooke au cours des décades de 1850 et 1860, leur solution prit un intérêt plus que théorique.

Certaines des roches de la région —ardoises noires et calcaires — sont évidemment sédimentaires; d'autres, qui leur sont intimement associées, sont si finement feuilletées et laminées qu'elles ressemblent beaucoup à des roches stratifiées. Les fossiles sont rares et les roches sont par endroits métamorphisées et déformées à tel point que leur nature originelle et leurs relations avec les autres roches sont presque complètement masquées. Plusieurs géologues éminents, depuis Logan jusqu'à maintenant, se sont attaqués aux problèmes qu'elles présentent, et il y a eu une controverse qui dure encore sur l'histoire géologique de la région.

La zone tourmentée de roches qui s'étend depuis la frontière internationale, à travers la région, jusqu'à la ville de Québec fut nommée par Logan et Billings le *groupe de Québec* et l'on croyait qu'elle était constituée entièrement de roches sédimentaires d'âge silurien inférieur et cambrien. Dès 1869, cependant, Richardson avait reconnu la présence au sein du groupe d'une série de "schistes nacrés" au-dessous des ardoises noires — alors considérées comme datant du Cambrien — et d'après leur position apparente il assigna ces roches au Précambrien. Discutant des observations de Richardson, Ells écrit (1): "L'âge de ces roches métamorphiques (les schistes nacrés) est inféré de leur caractère lithologique général, aussi bien que du fait qu'elles paraissent être recouvertes sans concordance par les ardoises et conglomérats cambriens".

Les "schistes nacrés" (schistes séricitiques) ont une importance particulière parce que c'est avec ces roches que sont associés les gisements d'Eustis et certains des autres gisements de cuivre. Ells et ses collègues les considéraient comme des roches sédimentaires fortement métamorphisées. Cependant, en 1902, Dresser (2) prouva de façon concluante, d'après une étude microscopique de coupes minces des schistes, qu'ils sont des roches ignées fortement altérées, surtout du porphyre quartzifère mais aussi avec des types plus basiques. Il en vint à la conclusion que ce sont des roches volcaniques précambriennes. En 1915, Bancroft (3) suggéra que ces schistes sont, du moins en grande partie, les équivalents non de roches volcaniques mais de roches intrusives.

Résumé des conclusions

Notre travail de la saison dernière a prouvé au delà de tout doute que le porphyre quartzifère (comme son équivalent métamorphisé, le schiste séricitique) est une roche intrusive, et il a démontré que loin d'être sous-jacent aux ardoises noires, comme on le croyait auparavant, il est en intrusion dans ces sédiments. On sait maintenant que ces ardoises sont d'âge ordovicien. D'où l'on conclut que le porphyre quartzifère n'est pas d'âge précambrien, mais qu'il est post-ordovicien. Nous présentons des arguments à l'appui d'un âge dévonien ou silurien. La diorite, que l'on considérait auparavant comme une roche volcanique, est également en intrusion dans

(1) Com. géol. Can., rapp. ann., Vol. II, partie J, 1886, p. 33.

(2) Dresser, J. A., *A Petrographical Contribution to the Geology of the Eastern Townships of the Province of Quebec;* Am. Jour. *Sc., Vol.* 14, juillet 1902, pp. 43-48.

(3) Bancroft, J. A. Les gisements de cuivre des cantons de l'Est de la Province de Québec; Ministère de la Colonisation, des Mines et des Pêcheries, Québec, 1915, p. 61.

les sédiments, mais elle est elle-même recoupée par le porphyre quartzifère.

Par endroits les roches ignées et les roches sédimentaires ont été plus ou moins carbonatées, et on donne sur les lieux le nom de *roche verte* à la roche qui est ainsi formée. C'est avec elle que sont associés les amas de minerai Eustis.

Il y a une série de dykes de lamprophyre plus récents que le porphyre. Nous démontrerons que ces dykes sont de deux âges légèrement différents: l'un est antérieur au minerai et l'autre postérieur. Ces dykes, de même que le minerai, sont, croyons-nous, d'âge dévonien.

D'une manière générale, les principales roches de la région se présentent en une série de zones orientées au Nord-est, dans lesquelles les roches plongent uniformément au Sud-est. Nous les considérons comme formant un des flancs d'un pli anticlinal dont l'axe se trouve au Nord-ouest. Du Sud-est au Nord-ouest, ces zones comprennent des ardoises noires, du porphyre quartzifère altéré en schiste séricitique (filon-couche Eustis), des ardoises noires carbonatées, de la diorite, du porphyre quartzifère (filon-couche Suffield) et des ardoises noires (voir la carte No 477 et aussi la coupe transversale, figure 2).

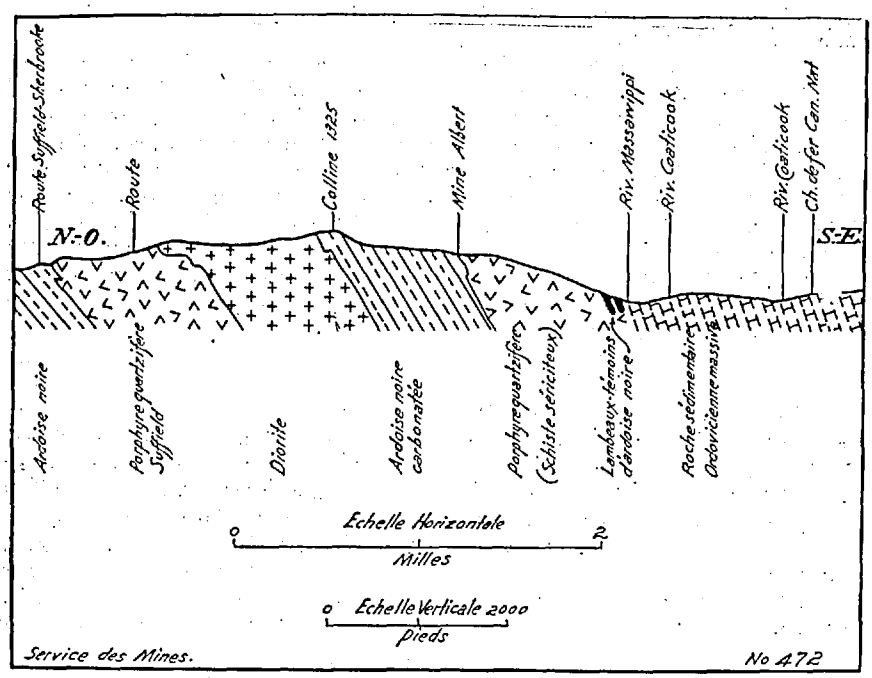


Figure 2.—Coupe Sud-est—Nord-ouest le long du ruisseau Capel.

Comparaison avec d'autres Régions

Il existe une similitude remarquable entre les caractères géologiques généraux de la région de Rio Tinto, dans la province de Huelva, en Espa-

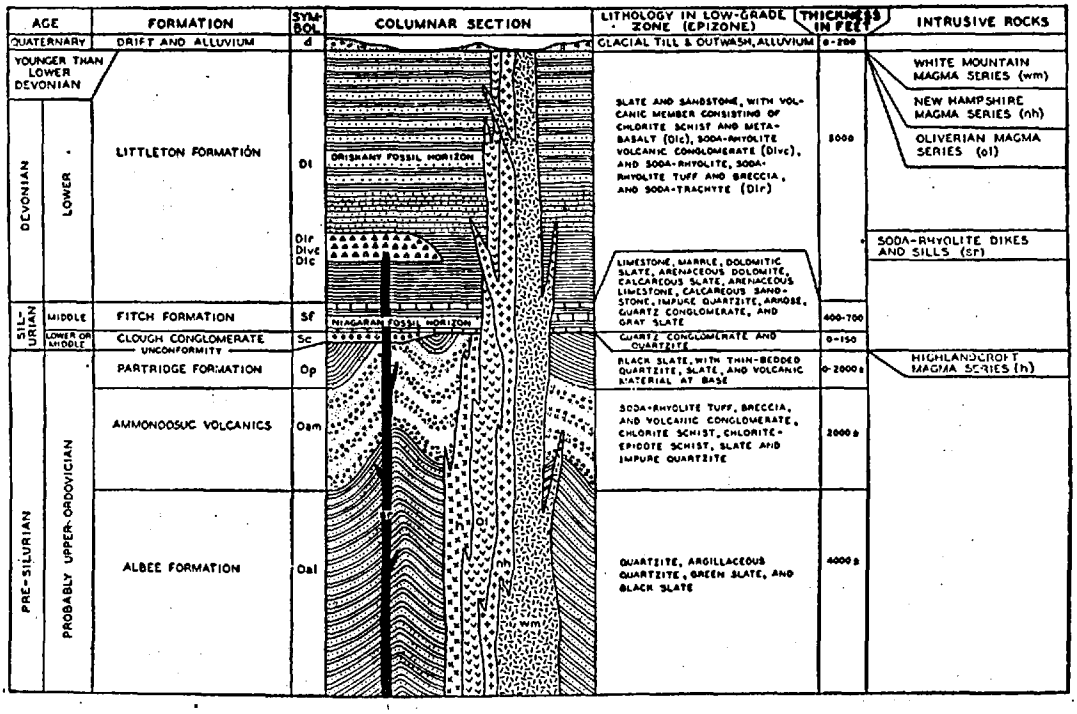


Figure 3. — Coupe synoptique des formations de la région de Littleton-Moosilauke, New-Hampshire.

(Reproduit par la permission de M. P. Billings)

gne, et ceux de la région d'Ascot telle que nous la décrivons dans ce rapport. Dans les deux régions, des porphyres quartzifères sont en intrusion dans des ardoises; la minéralisation est associée aux porphyres, quoique plus récente que ceux-ci; et il y a des dykes noirs (de la diabase à Rio Tinto, des lamprophyres et de la diabase dans le canton d'Ascot) qui sont plus récents que le porphyre. En Espagne, on croit que les porphyres sont des apophyses du granite (le granite de Campofrio, au Nord des mines Rio Tinto). Nous avançons ici l'hypothèse qu'une relation semblable puisse exister entre les porphyres d'Ascot et le granite de Stanstead. Nous donnons plus loin dans ce rapport, dans le paragraphe sur la géologie appliquée, une comparaison des gisements de minerai des deux régions.

Dans un article récent (1), M. P. Billings donne une description de la géologie de la région de Littleton-Moosilauke, dans le New-Hamsphire. Les lignes d'orientation générales dans cette région indiquent qu'elle appartient à l'axe de Mégantic plutôt qu'à celui d'Ascot-Stoke, mais le fait que ces axes sont parallèles et qu'ils font tous deux partie du système des Appalaches justifie notre comparaison. La figure 3, que nous reproduisons grâce

(1) Bull. Géol. Soc. Amer., Vol. 47, avril 1937.

à la courtoisie du Dr Billings, donne l'histoire géologique de la région du New-Hampshire.

On remarquera qu'il y a une grande analogie entre les colonnes se rapportant à la région d'Ascot et celles de la région décrite par Billings. Dans cette dernière, l'Ordovicien est représenté par les formations d'Albee, d'Ammonoosuc et de Partridge. Nous suggérons les corrélations suivantes: l'ardoise noire d'Ascot paraît être l'équivalent de la formation d'Albee. Le conglomérat de Weedon (Planche I-B) correspondrait alors à l'Ammonoosuc et le conglomérat du Silurien (planche I-C), au conglomérat de Clough.

D'après Billings, la granodiorite de Highlanderoft date probablement de la fin de l'Ordovicien. Ceci indique qu'il est possible, comme nous le disons ailleurs dans ce rapport, qu'il y ait deux sortes de granite dans la région d'Ascot-Stoke.

On considère le granite de l'Owl's Head (Oliverian) et la série magmatique du New-Hampshire comme étant du Dévonien inférieur ou postérieur à cet âge. Ces roches correspondraient ainsi au granite de Stanstead et au porphyre quartzifère et à la diorite d'Ascot.

Billings trouva des dykes et des filons-couches de deux âges différents: une série pré-métamorphique, de composition acide dans son entier, qui n'a apparemment pas d'équivalent dans la région d'Ascot; et, deuxièmement, une série post-métamorphique qui comprend des lamprophyres que l'on croit équivalents aux dykes noirs de la mine Eustis.

On voit ainsi qu'il y a une analogie entre ces régions et une correspondance remarquable des preuves qu'elles fournissent sur l'âge de la principale période calédonienne d'orogénèse. On ne peut en effet trop insister sur le fait que la phase de diastrophisme était terminée avant l'injection des dykes noirs. Plusieurs autorités en la matière attribuent un âge dévonien à ces dykes noirs.

Bailey (1) considère que le mouvement calédonien (ou Acadien) se produisit entre le Silurien supérieur et la fin du Dévonien. Il dit: "L'âge et les relations de la partie des Appalaches qui borde les Basses Terres du Saint-Laurent nous justifient de les classer dans le système calédonien. Ce fut Marcel Bertrand qui, en 1887, vit que les montagnes Appalaches, dans leur ensemble pourraient se diviser entre les deux grands systèmes paléozoiques qui, de ce côté-ci de l'Atlantique, se rencontrent dans les Galles du Sud. A Terre-Neuve, au Canada et dans le Nord de la Nouvelle-Angleterre, les montagnes Appalaches appartiennent au système calédonien en ce sens que leurs mouvements principaux se sont produits dans leur entier avant la fin de la période dévonienne".

---

(1) BAILEY, E. B., Brit. Assoc'n Adv. Sc., Glasgow, 1928.

TABLEAU DES FORMATIONS

PLÉISTOCÈNE	Humus. Dépôts glaciaires.
Long intervalle d'érosion	
DÉVONIEN (?)	Dykes de lamprophyre (postérieurs au minerai). Gisements de minerai. Carbonatation (roche verte). Dykes de lamprophyre (antérieurs au minerai).
Période d'orogénèse	
DÉVONIEN OU SILURIEN(?)	Filons-couches de porphyre quartzifère. Filon-couche de diorite.
Contact d'intrusion	
ORDOVICIEN	Calcaire. Ardoise. Grauwacke.

Formation inférieure inconnue

ORDOVICIEN

Ardoise noire

La répartition générale des ardoises noires apparaît sur la carte. Elles se présentent sous la forme de deux zones principales orientées au Nord-est, l'une près de la partie centrale de la région de la carte et l'autre à l'Ouest, et aussi sous la forme d'une bande étroite et d'enclaves dans les schistes séricitiques situés dans l'extrême Est de la région.

Les affleurements en surface ne révèlent pas bien leur répartition. Ceci est particulièrement vrai dans la partie Est de la région qui est largement couverte de drift. Leur désintégration plutôt rapide est également responsable en partie du manque d'affleurements. A l'étage de 2,800 pieds de la mine Eustis, on peut voir des ardoises qui pour l'une ou l'autre de ces raisons n'apparaissent pas à la surface.

Les ardoises noires ont un clivage bien développé mais elles montrent rarement des plans de stratification. Elles sont graphitiques, mais elles sont pour la plupart à grain fin. Dans la partie Ouest de la région, cependant, leur texture est relativement grossière et elles passent graduellement à un quartzite à grain fin de couleur foncée. On peut voir une roche de ce type à la mine Suffield où elle forme le mur du filon-couche de porphyre quartzifère. Près de ces contacts, l'ardoise est ordinairement phyllitique et a un lustre satiné.

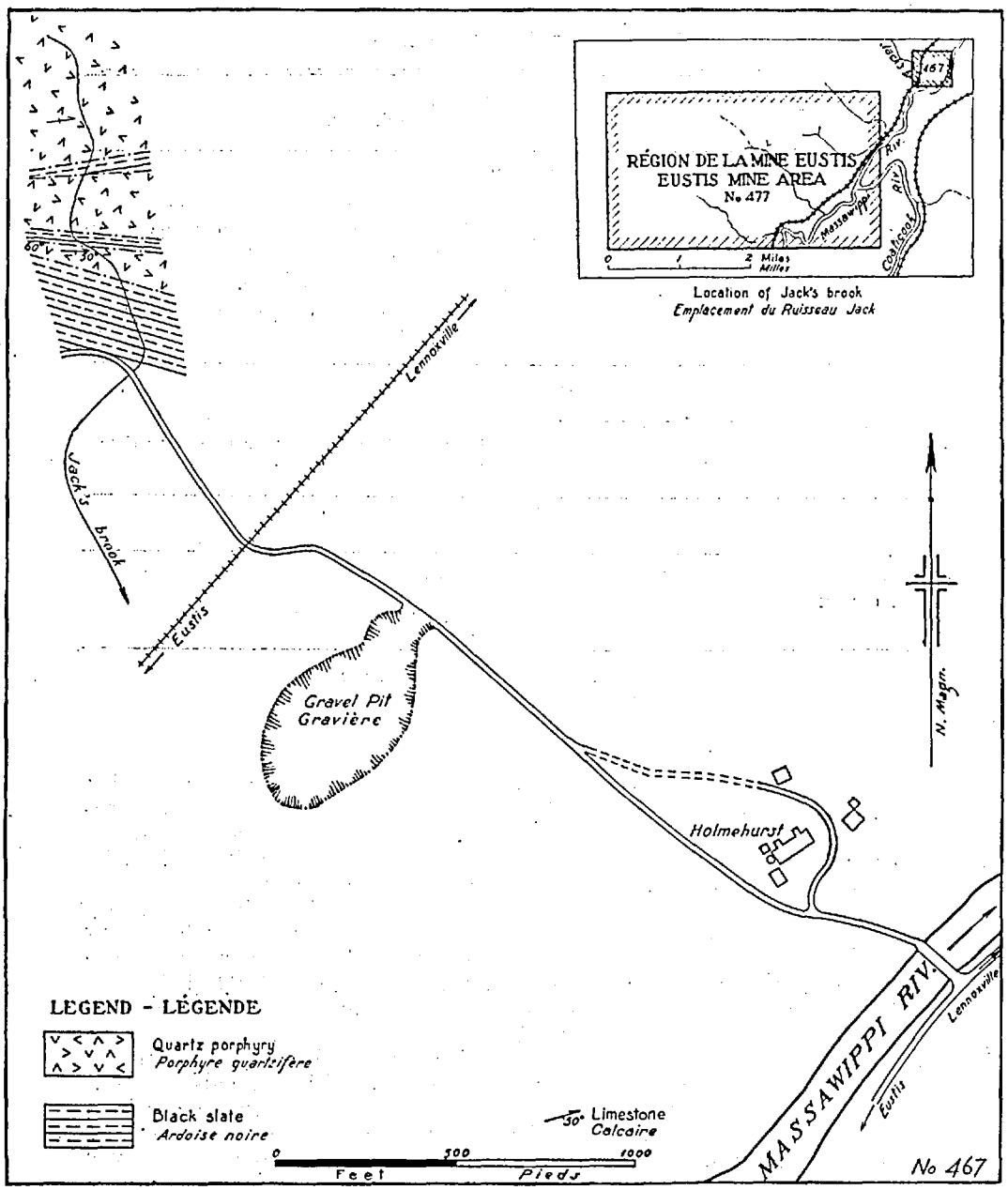


Figure 4. — Plan de la région comprenant le ruisseau Jack et la ferme Holmehurst.

Les fossiles sont extrêmement rares dans ces ardoises. La localité la plus rapprochée, qui est à peu près la seule connue, où l'on trouve des fossiles dans le district, est située près de Magog, à 16 milles de distances (1). D'après ces preuves et diverses autres, on admet généralement aujourd'hui que les ardoises sont d'âge ordovicien. La rivière Massawippi marque leur limite orientale dans cette région. Les calcaires arénacés sus-jacents sont à découvert sur la rive Est de la rivière et, près du petit bois situé immédiatement en amont du pont de Holmehurst, le calcaire renferme un lambeau isolé d'ardoise. La rivière marque ainsi la ligne extérieure de la zone de limon de la mer ordovicienne. On peut voir la ligne intérieure de la zone de limon sur la rive Ouest de la rivière Saint-François, à environ 450 pieds en amont de la station de Golden Bay, (21 milles au Nord de Sherbrooke) où les lits inférieurs de l'ardoise se perdent dans les sédiments conglomératiques (voir Planches I-B et I-C), lesquels sont aujourd'hui représentés dans la région par la grauwacke.

Les contacts entre l'ardoise noire et le porphyre quartzifère (ou schiste séricitique) sont fort nombreux dans la région, et l'examen de ces contacts prouve de façon concluante que le porphyre est en intrusion dans les ardoises. Dans le ruisseau Jack's, en arrière de la ferme de Holmehurst, (voir figure 4) il y a une enclave d'ardoise noire encastrée dans le porphyre quartzifère schisteux (planche IV-A); dans le ruisseau Capel il y a au moins un lambeau témoin d'ardoise entre des murs de porphyre; et dans le ruisseau situé à côté de la route menant d'Asbury's Corner au chemin de Eustis-North Hatley il y a cinq et peut-être plus de cinq langues de porphyre en intrusion dans l'ardoise. A ce dernier endroit, l'une des bandes d'ardoise comprend un membre dur et foncé que l'on pourrait aisément prendre pour un dyke sur le terrain. L'examen d'une coupe mince de cette roche montra qu'elle est un quartzite à grain fin ou une ardoise quartzitique (voir Planche II-A). La coupe montre une pâte encaissante composée de paillettes de biotite et de menus grains de quartz, de feldspath et de minerai de fer, au sein de laquelle se trouve de plus gros grains de feldspath autour desquels les paillettes sont plissées 'ou moulées en structure fluidale'. Il y a aussi dans cette coupe des grains de quartz et des grains anguleux de pyrite relativement gros et des filonnets de quartz la traversent. Ces grains plus gros et les filonnets recoupent le laminage dans la roche et on en conclut qu'ils se sont introduits sous la forme de solutions hydrothermales dérivant probablement des intrusions de porphyre adjacentes.

La bande centrale d'ardoises est en contact avec le filon-couche de porphyre d'Eustis et elle en forme le mur, immédiatement au Nord du puits Albert de la mine Capelton. Au contact les schistes ne sont que peu métamorphisés, mais en les suivant vers le Nord-ouest dans la direction et en haut de la colline 1325 (colline Albert) ils offrent une carbonatation qui augmente progressivement; autour et sur le dessus de la colline, cette altération est tellement profonde que le caractère primitif de l'ardoise est disparu. De fait, ce n'est que par un examen approfondi le long d'une telle coupe transversale que l'on peut se convaincre que la roche formant cette colline était primitivement une ardoise noire ou le schiste que celle-ci représente.

(1) ELLS, R. W., et AMI, H. M., Com. géol. Can., Vol. VII, partie J, 1894, pp. 43 et 146.

Immédiatement à l'Ouest de cette colline, la bande centrale d'ardoise se termine sur un filon-couche de diorite dont elle forme le toit. Au contact, la diorite est en intrusion dans l'ardoise sous la forme d'une série d'amas lenticulaires qui se conforment à la direction de l'ardoise.

La bande occidentale d'ardoise se trouve au mur du filon-couche de porphyre quartzifère de Suffield. Ici, également, on voit une preuve de la nature intrusive du porphyre dans le métamorphisme des ardoises quartzitiques.

Calcaire

Le calcaire constitue la roche sous-jacente de l'étendue située à l'Est de la rivière Massawippi, laquelle forme la limite Sud-est de la région de la carte. Il ne s'étend cependant pas à l'Ouest de la rivière, dont le cours marque le contact entre le calcaire et l'ardoise noire sous-jacente.

Telle qu'elle affleure sur la rive Est de la rivière, en face de la mine Eustis, la roche est un calcaire arénacé massif et elle renferme des cristaux de pyrite métasomatique.

Nous avons vu un excellent exemple de plis étirés dans ce calcaire sur le côté Nord de la rivière Coaticook, en dessous du pont de la grande route Sherbrooke-Stanstead.

Dévonien ou Silurien (?)

Diorite

Il y a un filon-couche de diorite qui s'étend au Nord-est à travers la région, immédiatement à l'Ouest de la bande centrale d'ardoise noire carbonatée. Sur son côté Ouest, il est en contact avec le filon-couche de porphyre quartzifère de Suffield. La roche a une couleur gris verdâtre, elle est ordinairement à grain fort gros et elle est toujours altérée. La chlorite est le principal minéral d'altération et elle se trouve fréquemment en quantité telle qu'elle masque la véritable nature de la roche (voir planche II-B).

Dans le spécimen le moins altéré que nous avons recueilli, à la colline 1325, située sur le lot 5, rang IX, il y a de l'orthose et du plagioclase, et comme l'altération masque une grande partie du plagioclase on reste sous l'impression que l'orthose domine. Telle n'est cependant pas la réalité dans la roche en général.

On applique ici à la roche le terme de "diorite" parce qu'elle correspond étroitement à cette roche par son caractère général et son mode d'altération, et aussi parce que Logan lui avait donné ce nom lorsqu'il compila la première carte géologique de la région.

Tel que susdit, la diorite est en intrusion dans les ardoises noires comme on peut le voir clairement au voisinage de la colline 1325 où la roche apparaît sous la forme d'une série d'amas lenticulaires au sein des ardoises; les lentilles sont parallèles à la direction de ces dernières.

Les contacts réels entre la diorite et le porphyre quartzifère sont rarement visibles. Cependant, à un point situé à environ 700 pieds au Sud-est de la ferme Peck's, on peut voir le porphyre qui recoupe la diorite et présente des marges de refroidissement le long de la roche plus ancienne. Au Nord-est du chemin situé près de la maison de Mme A. Christie, le porphyre est "digité" dans la diorite broyée, suivant une disposition lit par lit.

La diorite et le porphyre apparaissent étroitement associés au voisinage des fermes Daignault et Webster, mais leurs relations mutuelles ne sont pas aussi claires à cet endroit, partiellement à cause du manque d'affleurements exposant le contact, et partiellement à cause de la nature de la roche de contact qui est fortement altérée et bréchée. L'explication la plus logique paraît être que la roche est une diorite qui fut broyée et fortement métamorphisée par le porphyre venant en intrusion. Une autre hypothèse voulant que la roche recoupée à cet endroit soit une grauwacke ou un quartzite ardoisier ne semble pas étayer de preuves suffisantes puisque, au delà de la ferme Webster, à l'Est du chemin, il y a un vaste monticule d'une roche qui est indubitablement ignée, d'apparence quelque peu semblable à celle du contact dont nous parlons ci-dessus, et qu'on peut voir le porphyre en intrusion dans cette roche.

Il est ainsi définitivement établi que la diorite est plus ancienne que le porphyre quartzifère.

En allant vers l'Ouest à partir de la croisée des chemins d'Albert, vers Suffield, on peut voir dans la tranchée du chemin des phases de la diorite qui, à l'oeil nu, paraissent être porphyriques. La roche n'est pas en réalité porphyrique, car les phénocristaux apparents sont des agrégats de carbonate secondaire. Comme nous l'expliquons au paragraphe traitant du métamorphisme, il y a eu une carbonatation progressive des roches dans certaines parties de la région, avec formation, en certains cas extrêmes, de la roche appelée sur les lieux *roche verte.*

Porphyre quartzifère

Le porphyre quartzifère se trouve dans la région sous la forme de deux filons-couches distincts, l'un près de la limite Ouest et l'autre à la limite Est de la région. Pour plus de commodité, on peut leur donner respectivement les noms de *filon-couche de Suffield* et *filon-couche d'Eustis.* Tous deux sont orientés au Nord-est et plongent au Sud-est. Ils ont une longueur considérable suivant leur orientation, et leur largeur atteint 3,600 pieds.

L'un des résultats importants de notre travail sur le terrain fut la découverte de preuves concluantes que ces filons-couches, qui sont certainement contemporains, sont en intrusion dans les ardoises noires de l'Ordovicien de même que dans le filon-couche de diorite. Nous avons décrit leurs rapports d'intrusion avec ces roches dans les paragraphes traitant de chacune.

Le filon-couche de Suffield s'est introduit entre un mur d'ardoise et un toit de diorite. Le filon-couche d'Eustis a un mur d'ardoise carbonatée, et sur le côté du toit se trouvent des lambeaux témoins étroits d'ardoise noire au delà desquels, à l'Est de la rivière Massawippi, se trouve le calcaire massif.

Le porphyre du filon-couche d'Eustis a été fortement laminé et métamorphisé en un schiste séricitique, mais il garde à presque tous les endroits des vestiges de son origine ignée et de la texture porphyrique. La roche du filon-couche de Suffield n'est nulle part altérée à un tel degré. En coupe mince, on voit qu'en plus des phénocristaux de quartz il y a des phénocristaux d'orthose, et plus rarement de plagioclase, distribués à travers une pâte encaissante de quartz, feldspath et mica blanc (voir planche II-C).

Afin de nous figurer l'attitude du filon-couche d'Eustis, dans le détail

nous avons soigneusement tracé suivant sa direction, et reporté sur la carte, trois lignes ou "repères". La ligne Nord est le contact du porphyre avec l'ardoise noire qu'un grand nombre d'affleurements définissent bien. La deuxième ligne, que nous appelons ici la "ligne de quartz", est caractérisée par une série d'affleurements de quartz filonien injectés parallèlement à la schistosité dans le schiste séricitique. La troisième ligne, qui est la plus au Sud, est moins distincte que les deux autres. C'est une ligne marquée par un facies particulier du schiste, lequel a une apparence mouchetée, d'où ce nom de "ligne mouchetée" que nous lui donnons. Reportées sur la carte, ces lignes montrent de façon remarquable les variations de la schistosité suivant la direction. On verra que certaines des déformations paraissent coincider avec les zones connues de minéralisation, trait dont nous parlons dans notre paragraphe sur la géologie appliquée.

Nos observations sur le terrain et l'étude des critères que nous avons en mains nous ont convaincu que les filons-couches de porphyre se sont introduits au cours de la période d'orogénèse dévonienne. Il n'y a pas de preuve décisive de ce fait, mais l'aspect du porphyre que l'on trouve à l'étage de 3,400 pieds de la mine Eustis révèle le moulage et le chevauchage d'un magma visqueux. En ce qui regarde l'âge du porphyre, les notes suivantes ne sont pas sans intérêt.

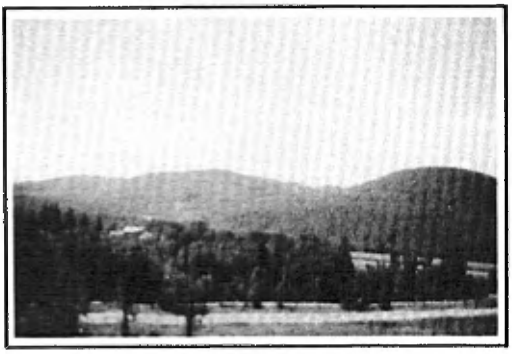
A quelque vingt-cinq milles au Sud-ouest de la région d'Eustis, le côté Est du lac Memphrémagog est formé de granite bien connu de Stanstead que l'on croit être d'âge dévonien. Sur le côté Ouest du lac, au Sud de Owl's head, on peut voir à découvert des ardoises noires semblables à celles de la présente région; il y a en intrusion dans ces ardoises du porphyre quartzifère que l'on ne peut distinguer du filon-couche de Suffield. Bien qu'il n'y ait pas de preuve que les porphyres des deux régions soient connexes, il est au moins concevable que tous deux soient des facies hypabyssaux du magma qui a donné naissance au granite de Stanstead. L'opinion que nous avons exprimée plus haut, à savoir que les filon-couches d'Eustis et de Suffield sont dévoniens, s'appuie sur cette conception.

D'un autre côté, il y a dans l'étendue située au Nord-est, à la mine Weedon et ailleurs, des porphyres quartzifères qui, croyons-nous, sont des équivalents hypabyssaux du granite de la montagne Stoke. Il y a maintenant près de la mine Weedon (à une quarantaine de milles au Nord-est d'Eustis) un conglomérat ordovicien renfermant des cailloux de granite qui ressemblent grandement au granite de Stoke (voir planche I-B). S'ils sont réellement du granite de Stoke, le porphyre de Weedon, qui est pratiquement identique au porphyre d'Eustis, serait pré-ordovicien et non dévonien. Il y a un conglomérat silurien quelque peu semblable près de l'extrémité Sud-ouest de la montagne Stoke (voir planche I-C).

Pour expliquer le conflit d'âge apparent entre les porphyres des deux régions, il serait nécessaire de soutenir que les cailloux du conglomérat de Weedon ne sont pas du granite de Stoke mais un granite plus ancien, ou encore que le porphyre de Weedon n'est pas connexe au granite de la montagne Stoke mais à un massif d'intrusion plus récent qui n'est pas représenté dans le voisinage immédiat. Ajoutons que l'âge du granite de Stoke est encore douteux. Il faudra faire des travaux plus détaillés avant de pouvoir résoudre le problème que présente le conglomérat de Weedon.

Il n'y a pas de granite de Stoke dans la présente région et nous ne sa-

A.-VUE DE LA PARTIE SUD-EST DE LA REGION.



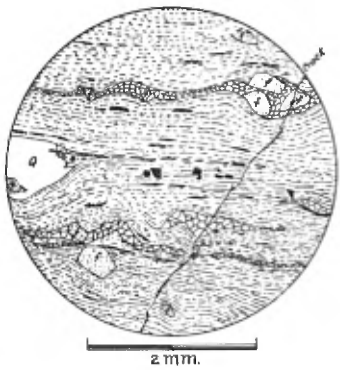
B.-LE CONGLOMERAT ORDOVICIEN AU NORD-EST DE WEEDON. Le fond est de la grauwacke et quelques-uns des cailloux sont de granite.



C.-CONGLOMERAT SILURIEN DE BASE, canton de Stoke, rangs VII et VIII, sur le chemin de Stoke Centre, près de l'extrémité Sud-ouest de la montagne Stoke. Le clivage a une direction de 45° mag. et un pendage de 85°N.O. Le plongement des plis est 25° suivant la direction 45° magnétique.



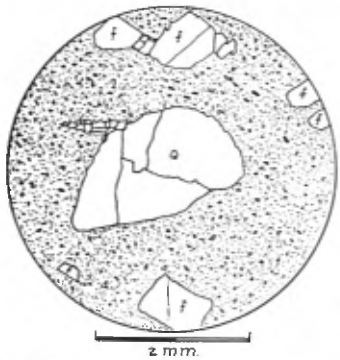
PLANCHE II



A.-QUARTZITE A GRAIN FIN. ASBURY'S CORNER.
(f)feldspath; (Q)quartz; (Bi)biotite (noir)pyrite et minerai de fer.

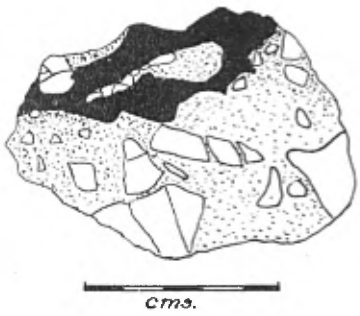


B.-DIORITE MONT ALBERT (nicols croisés)
(o)orthoclase; (p)plagioclase; (a)carbonate; (cl)chlorite; (noir)minerai de fer.

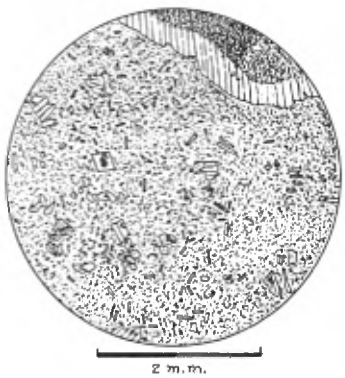


C.-PORPHYRE QUARTZIFERE DE SUFFIELD.
(nicols croisés)

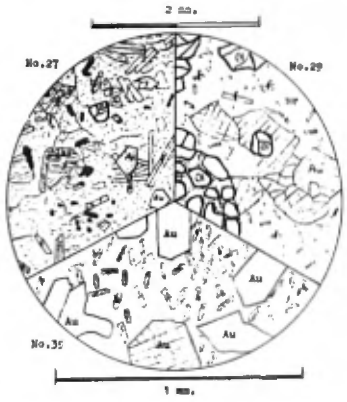
(Q)quartz; (f)feldspath.



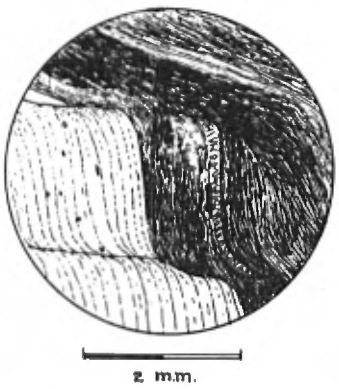
D.-DYKE ANTERIEUR AU MINERAI, EUSTIS,E.3200.
(specimen macroscopique)
(noir)sulfures; (blanc) phénocristaux blanchis et brechés; (pointillé)pâte.



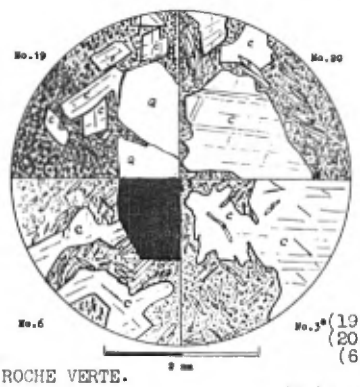
E.-LAMPROPHYRE A AUGITE, EUSTIS, E.3200.
(Au)augite; (f)feldspath;(opaque)pâte.



A.-(27,29,39).-DYKE NOIR POSTERIEUR AU MINERAI, MINE EUSTIS.
(Au)augite; (f)feldspath; (b)biotite; (ol)olivine;(noir)minerai de fer; (Ombré)pâte.

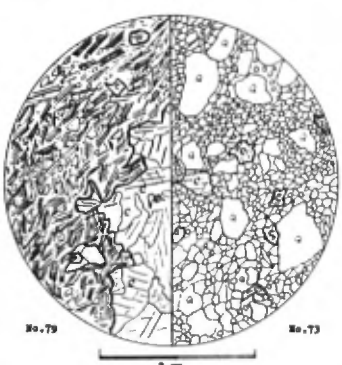


B.-CONTACT AU RUISSEAU JACK'S.
(B)ardoise noire; (P)porphyre.



C.-(19,20,6,3a).
PHASE DE LA FORMATION DE ROCHE VERTE.
(Q)quartz; (C) carbonate;
(S)séricite; (noir)pyrites.

(19)du porphyre quartzifère
(20)du schiste séricitique
(6)du schiste séricitique avec des pyrites plus récentes.
(3a)du schiste séricitique montrant le rebord du remplacement.

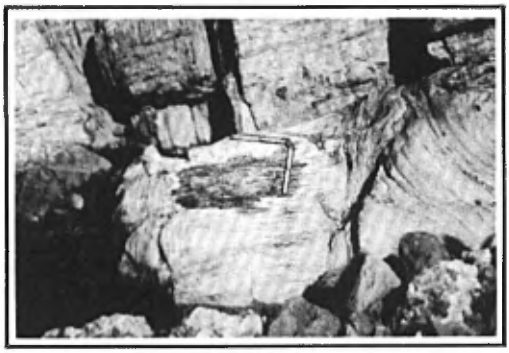


D.-(79,73).-
PHASE DE LA FORMATION DE ROCHE VERTE.
(79)de la diorite chloritisée;
(73)du membre de quartzite du lambeau témoin de l'ardoise noire.
(Q)quartz; (C)carbonate.



E.-(64,60,57).-MINERAI DE EUSTIS.
(64)lentille du mur; (60)lentille du milieu; (57)lentille du toît;
(noir)pyrites; (W)gangue.

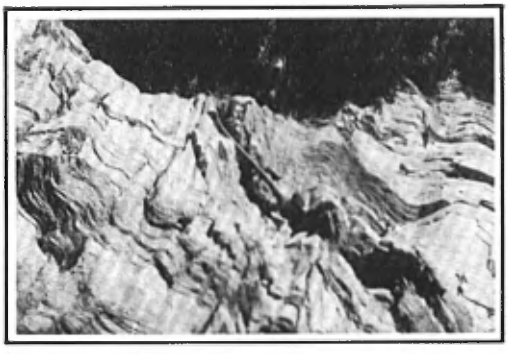
PLANCHE IV



A.-RUISSEAU JACK'S. Enclave d'ardoise noire (à l'intérieur de l'angle formé par la règle pliante) dans le schiste séricitique, originellement un porphyre quartzifère.



B.-GRAVIERE. Dépôts fluvioglaciaires près de la ferme Holmehurst.



C.-RUISSEAU JACK'S. Plis étirés dans le schiste séricitique.

vons rien des relations qu'il peut avoir avec les porphyres d'Eustis et de Suffield.

Le porphyre quartzifère, particulièrement dans le filon-couche d'Eustis, est par places fortement carbonaté et transformé en la roche que l'on appelle sur les lieux *roche verte* et dont nous parlons dans le paragraphe sur le métamorphisme.

DÉVONIEN (?)

Dykes de lamprophyre

On peut voir des dykes de lamprophyre dans la mine Eustis, à la mine King et à divers points situés près d'Asbury's Corner dans la partie Est de la région (voir la carte No 477). Ils se désagrègent rapidement lorsqu'ils sont exposés à l'action de l'atmosphère et il n'y a donc pas lieu d'être surpris si leurs affleurements sont restreints.

Des observateurs qui ont étudié avant nous ces "dykes noirs" dans la mine Eustis ont affirmé qu'ils sont tous d'âge postérieur au minerai (1). Le travail que nous avons fait au cours de la saison dernière démontre qu'au moins l'un de ces dykes dans la mine Eustis est antérieur au minerai. Nous avons d'abord observé, en faisant la cartographie de l'étage de 3,400 pieds, que l'un des dykes est partiellement remplacé par du quartz, et cette substitution prend l'apparence d'une série de saucisses noires enlignées dans le schiste séricitique. Plus tard, en cartographiant l'étage de 3,200 pieds, nous avons vu que l'un des dykes est complètement traversé par le minerai qui lui est substitué. A côté de ce dyke se trouve un autre dyke qui recoupe le minerai et présente des marges de refroidissement contre le premier dyke aux points où tous deux viennent en contact. On peut voir de nombreux exemples de dykes noirs bifurqués dans les chantiers, mais dans ce cas les deux dykes ne se confondent pas au lieu où ils se rencontrent. Il y a là des preuves intéressantes et très fortes que le minerai s'est formé dans la période intermédiaire entre l'injection des deux dykes.

Par l'entremise du gérant de Consolidated Copper and Sulphur Company, exploitant de la mine Eustis, nous avons fait parvenir des échantillons du dyke antérieur au minerai et du dyke postérieur au minerai au Dr A. C. Lane, président du Comité de l'Age de la Terre du United States National Research Council, qui voulut bien faire faire des déterminations de l'âge des deux dykes par le procédé de la proportion d'hélium. Cette méthode, qui fut mise au point particulièrement par le Dr U. R. Urry, utilise le phénomène suivant lequel, dans la désintégration des éléments de la famille de l'uranium et du thorium, qui donne naissance au radium et aux membres radioactifs de la série, les particules alpha sont libérées. Ces particules alpha sont de l'hélium ionisé et, avec un électron additionnel, elles deviennent des atomes d'hélium. Puisque les roches ignées renferment en général de l'uranium, bien qu'ordinairement en quantité extrêmement faible, elles doivent toutes contenir du radium et de l'hélium dont la proportion, quoique infinitésimale, peut être déterminée avec une grande précision. Si les quantités d'hélium et de radium dans une roche sont connues, il devrait être possible de calculer son âge, pourvu que l'on connaisse aussi —

(1) STEVENSON, J. S., Econ. géol., Vol. XXXII, No 3, mai 1937.

et on le connaît — le taux de formation de l'hélium et du radium. On peut critiquer cette méthode en disant que, l'hélium étant un gaz, il a pu s'échapper en partie de la roche au cours des longues périodes de temps durant lesquelles l'hélium se formait continuellement. Mais si l'on étudie par cette méthode deux roches de texture et de composition semblables, et qui n'ont pas entre elles un écart d'âge considérable, on devrait obtenir un résultat sûr pour leur âge relatif, sinon pour leur âge absolu. En d'autres termes, il n'y a pas de raison pour s'attendre à ce qu'une des roches perde son hélium à un taux différent de l'autre.

Les analyses furent faites par le Dr N. B. Keevil. Les résultats confirment bien nos observations sur le terrain. Ils indiquent que l'âge du dyke postérieur au minerai serait de $52 \pm 8 \times 10^6$ années, et que celui du dyke antérieur au minerai serait de $77 \pm 10 \times 10^6$ années. Les quantités réelles d'hélium, de radium et de thorium dans les deux dykes, de même que leur âge, sont comme suit, tels que donnés par le Dr Lane:

	He x 10^5 c.c./g.	Ra x 10^{13} g./g.	Th x 10^6 g./g.	Age x 10^6 AN.
Dyke postérieur au minerai	1.25 ±0.05	4.7±0.4	2.93±0.11	52 ± 8
Dyke antérieur au minerai	0.965±0.05	2.3±0.2	1.61±0.16	77 ± 10

Si l'on applique le signe plus à l'âge du dyke postérieur au minerai et le signe moins à celui du dyke antérieur au minerai, on obtient des chiffres de 60 et 67 millions d'années pour leur âge respectif, soit une différence de 7 millions d'années. On peut considérer cette différence comme représentant probablement au minimum, le temps qu'a dû prendre la constitution de la minéralisation dans les amas de minerai d'Eustis.

Puisque les dykes antérieurs comme postérieurs au minerai, ne présentent pas de laminage et qu'ils recoupent clairement la schistosité du porphyre quartzifère laminé, il s'ensuit que ces dykes et le minerai doivent être non seulement postérieurs au porphyre, mais aussi postérieurs à la formation des montagnes.

Nous décrivons maintenant le dyke antérieur au minerai et certains des dykes postérieurs au minerai.

Lamprophyre antérieur au minerai

Ce dyke est à découvert à l'étage de 3,200 pieds de la mine Eustis, dans le chantier d'abatage situé à l'issue du passage d'hommes venant de l'étage de 3,400 pieds. Comme nous l'avons dit déjà, il y a un certain nombre de dykes noirs de lamprophyre mis au jour dans ce chantier, mais, de ceux que nous avons vus, tous sont postérieurs au minerai à l'exception de celui que nous décrivons ici. Il est coupé en deux par le minerai et il a subi une substitution partielle par les sulfures. D'où l'on voit qu'il est très certainement antérieur au minerai.

En coupe mince sous le microscope il laisse voir de grands phénocristaux d'augite et de petites paillettes de plagioclase répartis à travers une pâte encaissante dont le grain est si fin qu'elle est presque opaque. Nous n'avons pas vu d'olivine dans la coupe mince, mais nous croyons que ce mi-

neral peut avoir existé en menus grains et être altéré à un tel degré qu'il n'est plus maintenant reconnaissable. Les phénocristaux d'augite présentent une altération, de l'intérieur des cristaux vers l'extérieur, en une roche qui paraît être une antigorite ou une bastite. La planche II-D, dessinée d'après un spécimen macroscopique, montre la roche du dyke remplacée par des sulfures. La planche II-E est un dessin à la chambre claire de la coupe mince.

Lamporphyre postérieur au minerai

La planche III-A (27, 29 et 39) est un dessin à la chambre claire de coupes minces de trois des dykes de lamprophyre postérieurs au minerai mis au jour dans la mine Eustis. Le numéro 27 représente un dyke situé à la recette 8,575 à l'étage de 3,400 pieds; le No 29 se trouve immédiatement à l'Ouest de la recette 8605, au même étage; le No 39 se trouve à l'étage de 3,200 pieds et il n'est pas aussi frais que les autres.

Comme on le notera, il y a des roches porphyriques renfermant des phénocristaux d'augite et d'olivine — ces derniers sont quelquefois au sein de l'augite — et des paillettes de feldspath plagioclase distribués dans une pâte encaissante cristalline à grain fin. Il y a de menus grains de minerai de fer noir disséminés à travers la roche.

Pléistocène

Les dépôts glaciaires sont répandus par toute la région. Ils sont surtout morainiques, mais il y a par endroits une stratification qui indique l'action de l'eau (voir planche IV-B). Cependant, l'action de l'eau ne fut nulle part complète car, dans tous les dépôts que nous avons vus, et spécialement dans ceux que l'on exploite pour en tirer des matériaux d'empierrement pour routes, il y a toujours une fine 'poudre de roche'.

On ne trouve que très peu de stries glaciaires sur les roches qui affleurent dans la région. Nous avons indiqué sur la carte les quelques stries que nous avons observées. Leurs directions varient entre 146° et 163° magnétiques. Le mouvement de la glace s'est donc fait dans une direction Sud-est, soit approximativement vers 136° vrais, ou S. 44°E.

MÉTAMORPHISME et MÉTASOMATISME

En général, le *degré* de métamorphisme dans la région n'est pas intense. Nous ne référons pas ainsi au fait qu'un changement métamorphique aurait eu lieu en entier, mais à l'intensité des forces de pression et de la chaleur qu'ont subies les formations. Harker (1) affirme que dans les roches ignées acides le degré inférieur de métamorphisme est la formation d'un schiste séricitique. Les porphyres quartzifères acides du filon-couche d'Eustis sont maintenant altérés en schiste séricitique. Les porphyres du filon-couche de Suffield ne sont pas altérés au même point et on les reconnaît comme porphyres quartzifères.

L'intrusion des porphyres ne causa aucun métamorphisme notable dans les ardoises noires. Le manque d'effets de contacts fut ce qui porta à croire que les ardoises noires sont plus récentes que les porphyres.

(1) Metamorphism, pp. 286-7 (Methuen, Landres, 1932.)

La figure 5a est un diagramme d'une coupe d'un filon-couche en intrusion dans l'ardoise noire. En établissant à 1,500°C la température qui devait exister au temps de l'intrusion, et en appliquant une formule (1) dérivée d'une série Fourier de conduction de la chaleur, nous avons obtenu la courbe tracée dans la figure 6. Cette courbe représente l'élévation de la température de l'ardoise noire jusqu'à une distance de vingt mètres du contact du filon-couche, au bout de trente-six millions de secondes, soit un peu plus d'un an. A vingt mètres, l'élévation de température est de moins de 100°C. Ce n'est donc ainsi que dans une bande très étroite que l'on peut s'attendre à un effet thermal.

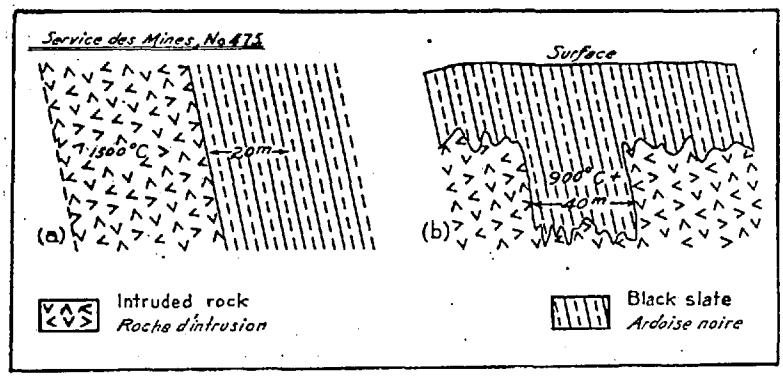


Figure 5. — (a) Coupe schématique d'un filon-couche recoupant l'ardoise noire (b) Coupe schématique montrant une roche ignée qui sous-cave un toit d'ardoise dont un témoin est enclavé dans la roche intrusive.
(1) LIDDELL, *Metallurgists and Chemists Handbook*, pp. 152-155.

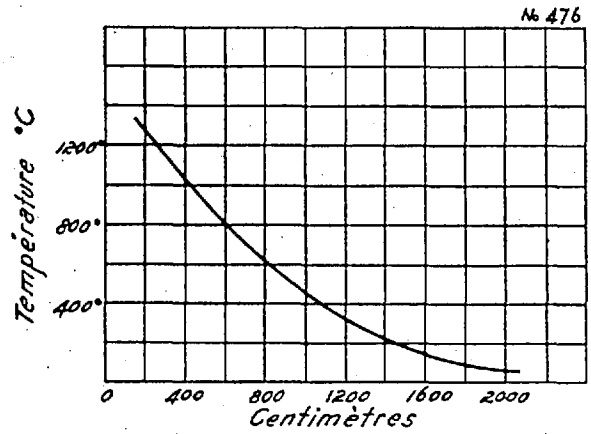


Figure 6. — Courbe représentant la température de la roche encaissante d'un filon-couche de porphyre quartzifère.

On peut voir des contacts de ce type, entre l'ardoise noire et un filon-couche de porphyre, dans le ruisseau Jack's, dans le ruisseau Capel, dans le ruisseau parallèle au chemin partant d'Asbury's Corner et à Suffield. Nous n'avons observé de minéraux métamorphiques prononcés dans l'ardoise à aucun de ces endroits (voir planche III-B).

Nous avons recueilli une série de spécimens dans le mur de quartzite ardoisier qui borde le filon-couche de porphyre quartzifère de Suffield et nous les avons examinés en coupe mince sous le microscope. Le spécimen le plus éloigné du contact ressemble beaucoup à la roche que nous avons décrite comme venant des environs d'Asbury's Corner (voir p. 14 et planche II-A). Les grains de quartz sont distincts et subanguleux. En approchant du contact, ces grains paraissent se confondre les uns dans les autres.

En décrivant l'aspect des cailloux de Banket sur le Witwatersrand, E. T. Mellor emploie l'expression "in focus". C'est dire que les cailloux ou grains primitifs ont des arêtes vives, mais, par suite de la pression et de l'addition de silice, ils perdent en quelque sorte leurs contours primitifs, ou sont absorbés par la pâte encaissante. Cette description s'applique au métamorphisme qui existe aux contacts de l'ardoise et du porphyre dans la présente région. Les roches de contact renferment de la chlorite secondaire après la biotite et la séricite, mais ceci peut être le résultat d'un métamorphisme régional. La quantité de pyrite de fer augmente de quelques paillettes, à vingt pieds du contact, à une fine dissémination au contact même.

En contraste avec ce type d'intrusion en forme de filon-couche, la figure 5b montre une roche ignée qui sous-cave un toit d'ardoise dont un témoin est enclavé dans la roche intrusive. En employant la même formule qu'auparavent et en prenant la même température initiale de 1,500°C., on peut démontrer qu'un point situé à mi-chemin entre les murs d'un lambeau témoin exposé sur deux ou trois côtés sera chauffé à une température d'au moins 900°C. au bout d'une année.

Le fait que la quantité de métamorphisme est si légère dans les sédiments peut indiquer que la température du magma venant en intrusion était beaucoup plus basse que nous l'avions cru (1,500°C.). Si tel est le cas, la courbe de la figure 6 serait plus rapprochée du point d'origine.

Roche verte

Les effets métasomatiques sont plus importants dans la région que les effets purement métamorphiques. Toutes les roches, sauf les dykes noirs plus récents, ont été carbonatées et la roche qui en résulte est connue sur les lieux sous le nom de *roche verte*. D'après l'apparence de cette altération sur le terrain et sous le microscope, il faut lui attribuer une origine hydrothermale. Sur le terrain, on voit des carbonates dans les zones faibles de sédiments froissés, et aussi sous forme de veines et lentilles substituées au schiste et à la diorite. Les coupes minces montrent de menus filonnets qui pénètrent les roches et y établissent des zones carbonnatées. Les zones présentent une marge de substitution typique, avec des cristaux isolés de carbonate précédant le massif principal de cette roche. Les dessins à la chambre claire des coupes minces Planche III-C (19, 20, 6, 3a) et III-D (79, 73) montrent certaines de ces phases initiales. No 19 montre la phase primitive dans la formation de la *roche verte* en partant du porphyre quart-

zifère. On voit des phénocristaux de quartz dans une pâte encaissante de quartz et feldspath, avec carbonate substitué à la roche. Mine Eustis, étage de 3,400 pieds, 50 pieds à l'Ouest de la recette 138. No 20 montre le schiste séricitique s'altérant en *roche verte*. Le schiste était originellement du porphyre quartzifère. Mine Eustis, étage de 3,400 pieds, 50 pieds à l'Est de la station 138. No 6 montre le schiste séricitique s'altérant en *roche verte*. Le cristal de pyrite recoupe le carbonate et la séricite, montrant que la minéralisation est postérieure à la formation de la *roche verte*. Mine Eustis, étage de 3,400 pieds, recette 8534. No 3a montre le schiste séricitique s'altérant en *roche verte*. Cette coupe mince du bord d'une veine de carbonate qui recoupe le schiste. Mine Eustis, étage de 3,400 pieds, 18 pieds de la recette 8531. No 79 montre du carbonate substitué à la diorite. Chemin Albert-Suffield, dans la tranchée taillée immédiatement à l'Ouest du ruisseau Eustis. No 73 montre du carbonate substitué au quartzite faisant partie d'un lambeau témoin d'ardoise noire. Lit du ruisseau Capel, à environ 1,200 pieds en amont de la station de Capelton.

Il faut remarquer spécialement que c'est suivant la direction que l'on peut observer le passage graduel de la roche encaissante à la *roche verte* carbonatée. Transversalement à la direction, le changement peut être brusque. Il apparaît clairement que dans une roche du caractère de l'ardoise la perméabilité est beaucoup plus grande dans une direction parallèle au clivage ardoisier qu'en travers de cette direction.

On a insisté sur ce fait, en rapport avec la formation des amas de minerai Rio Tinto, comme étant le principe dominant de localisation du minerai.

Sous ce rapport, il faut aussi noter que le métamorphisme des ardoises carbonifères formant le toit des porphyres quartzifères intrusifs de Rio Tinto n'est pas plus prononcé que celui des ardoises noires d'âge ordovicien dans le toit du porphyre d'Eustis.

TECTONIQUE

On considère généralement que la structure des Appalaches au Canada se trouve représentée par trois axes anticlinaux: celui de Sutton, celui d'Ascot ou Stoke et celui de Mégantic (voir figure 1). Entre les anticlinaux de Sutton et d'Ascot se trouve la zone de serpentine de roches intrusives basiques.

Nos observations sur le terrain en 1937 ne confirment pas la théorie que le soi-disant axe d'Ascot soit celui d'un pli anticlinal. Au lieu de cela, c'est un flanc d'une vaste structure anticlinale. D'après la manière dont les lits sont traversés de plis étirés, l'axe même du pli majeur anticlinal doit passer plus au Nord-ouest.

La figure 2 montre une coupe horizontale de la région tracée le long de la ligne du ruisseau Capel depuis la rivière Coaticook au Sud-est jusqu'au chemin Suffield-Sherbrooke au Nord-ouest. Nous ne suggérons en aucune façon l'existence d'une duplication des roches par des plissements. En fait, tous les indices indiquent que l'axe du pli anticlinal se trouve bien à l'Ouest de l'étendue de Suffield. Bien que nous n'ayons fait aucune coupe détaillée au Nord-ouest, nous avons suivi un bon nombre de routes en faisant des cheminements en automobile et nous n'avons noté aucun changement réel du pendage avant d'atteindre la ligne qui va de Sherbrooke à

Orford. On peut dire que les plis étirés sont communs à partir du voisinage de l'usine de force motrice d'Eustis, sous le pont de la route Sherbrooke-Stanstead, jusqu'à la route de Sherbrooke à Suffield. On peut voir ces plis étirés non seulement à la surface (voir planche IV-C) mais aussi sous terre en suivant l'inclinaison de roches telles que le schiste séricitique d'Eustis. Depuis la margelle du puits jusqu'à la plus grande profondeur qu'on ait atteinte, soit une distance de plus de sept mille pieds suivant l'inclinaison du puits, les plis étirés sont nombreux. La figure 7 est un croquis de l'un de ces plis compliqués à l'étage de 3,400 pieds de la mine Eustis. La direction constante de ces plis, qu'on les considère à la surface ou suivant l'inclinaison des couches, indique que les sommets des formations, que ce soient les lits d'ardoises ou les filons-couches, font face au Sud-est et que nous sommes ici en présence du flanc d'un anticlinal dont l'axe se trouve au Nord-ouest de la région. D'après la position des plans de laminage qui se sont développés dans les roches, on peut affirmer que le plan d'axe du pli principal plonge au Sud-est.

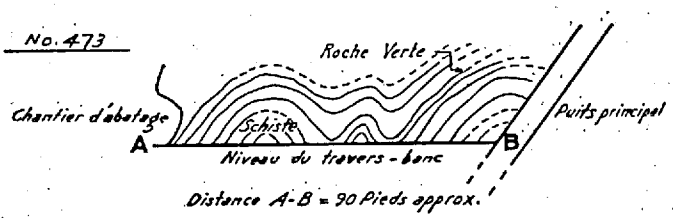


Figure 7. — Plis étirés à l'étage de 3,400 pieds de la mine Eustis. Regardant vers le Sud-ouest.

Dans les roches qui forment le centre de l'élévation, particulièrement sur le côté Sud-est, on voit fréquemment un faux clivage. La direction moyenne du plan de ce clivage est 70° mag. et son pendage de 50° à 60° Nord (voir figure 8).

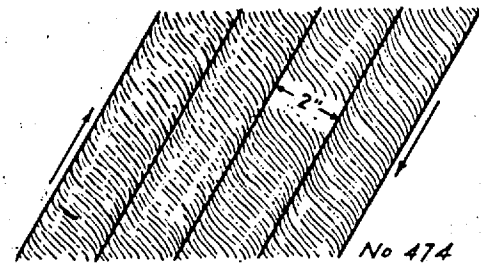


Figure 8. — Faux clivage dans le schiste séricitique. Mur de la lentille cuprifère, à l'étage de 3,400 pieds de la mine Eustis.

Les dirigeants de la mine Eustis connaissent depuis longtemps cette structure qu'ils appellent 'structure renversée'. On peut la voir à tous les étages de la mine, notamment à celui de 3,400 pieds, et elle constitue une

ligne de faiblesse dans le mur de l'amas de minerai. Nous avons observé le faux clivage dans les ardoises noires et les schistes séricitiques dans de nombreux affleurements de ces roches dans les ruisseaux qui se jettent dans la Massawippi, et aussi dans des affleurements situés entre les mines King et Suffield, près de la route principale qui passe sur le côté Nord-ouest de la région.

Failles. — Toutes les failles que nous avons vues dans la région sont des failles normales. Leur direction, leur pendage et l'intensité de leur mouvement sont variables. On peut voir ces éléments variables des failles dans les chantiers Eustis mieux qu'ailleurs.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE

Les premiers rapports sur l'existence de minéraux cuprifères dans les Cantons de l'Est remontent presque à cent ans, et on a fait de l'exploitation dans au moins une localité dès avant 1850. On trouvera une bibliographie très complète sur ces gisements dans le rapport de Bancroft publié en 1915 (1).

Au cours de la saison de 1937, nous avons surtout porté attention aux aspects généraux des relations géologiques entre les diverses formations et les gisements de minerai qui leur sont associés. Le but de notre travail était d'étudier les caractères tectoniques et d'obtenir toutes les données possibles qui pourraient être utiles dans les recherches de prolongements des amas de minerai connus ou pour déterminer la situation de nouveaux gisements. Le peu de temps à notre disposition ne nous a pas permis d'étudier en détail les gisements mêmes ou la minéralogie du minerai. Nous avons cependant examiné des coupes polies d'un certain nombre de spécimens du minerai d'Eustis.

La mine Eustis est la seule mine de cuivre actuellement exploitée dans les Cantons de l'Est.

Mine Eustis

La mine Eustis, exploitée par Consolidated Copper and Sulphur Company, Limited, est située dans les lots 2 et 3 rang IX du canton d'Ascot. Les gisements furent découverts en 1865 et la mine fut exploitée presque sans interruption depuis cette année-là. Les archives sont très incomplètes, mais on peut affirmer qu'on a extrait de la mine quelque deux millions et demi de tonnes de minerai. Ce minerai consiste en pyrite, avec laquelle sont associées des quantités variables de chalcopyrite, et il renferme de très faibles teneurs d'or et d'argent. Les amas de minerai ont la forme de lentilles qui diffèrent l'une de l'autre par la proportion de métal qu'elles renferment, et dans une même lentille, on observe également des variations considérables de composition. Une teneur de minerai que l'on retrouve fréquemment est de l'ordre de 3 pour cent de cuivre et 40 pour cent de soufre. Le minerai est traité par flottage, de façon à donner deux produits: un riche concentré de cuivre et un concentré de soufre (pyrite).

---

(1) Bancroft, J. Austin, *Rapport sur les gisements de cuivre des Cantons de l'Est de la Province de Québec;* Division des Mines, Département de la Colonisation, des Mines et des Pêcheries, Qué., 1916.

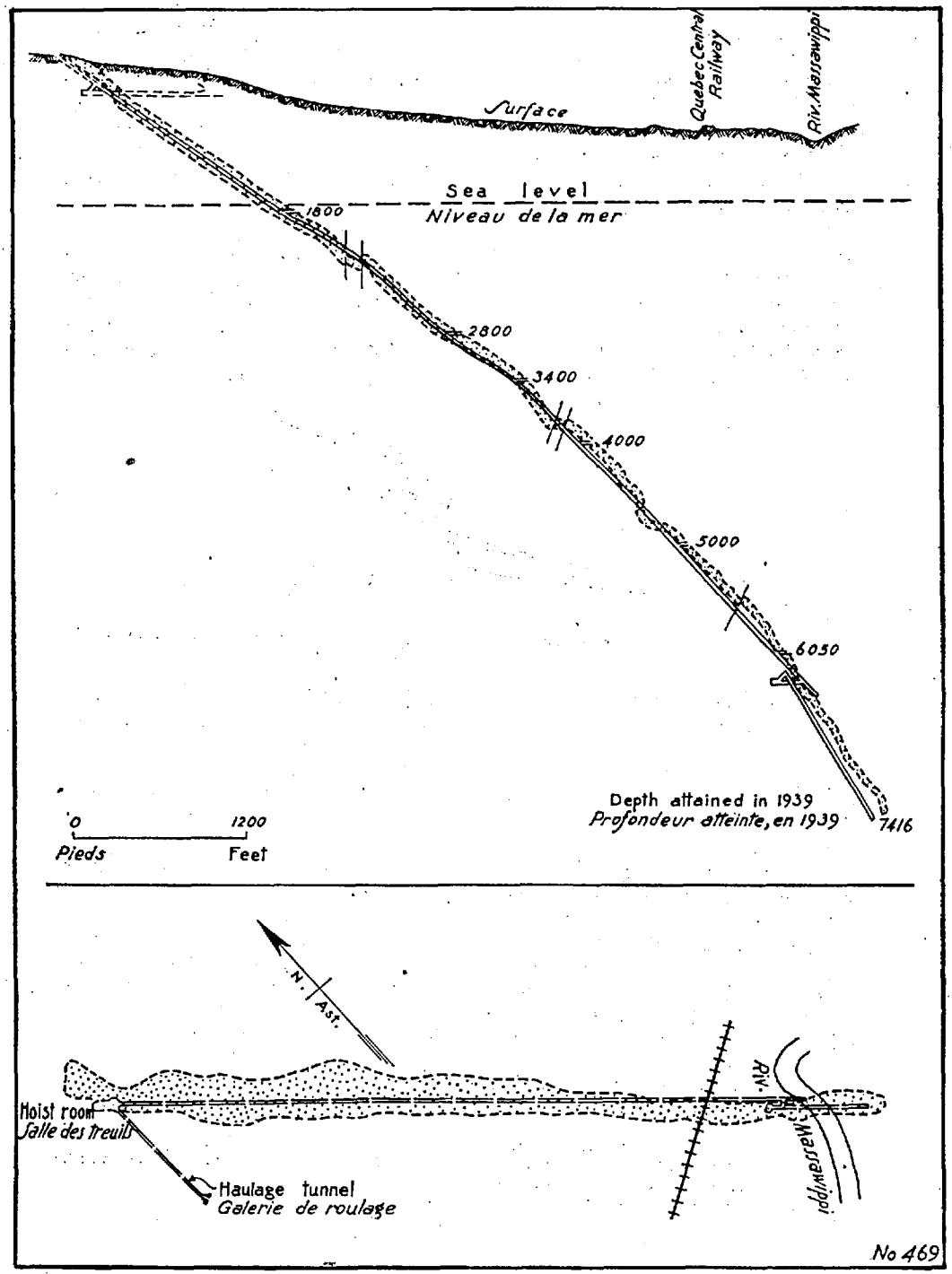


Figure 9. — Coupe verticale à travers le puits de la mine Eustis.

La mise en valeur de la mine s'effectue par un puits incliné qui a une longueur de plus de 7,000 pieds. De récents articles publiés par les officiers dirigeant l'exploitation de la mine (1) donnent des descriptions détaillées des méthodes d'extraction et de traitement. Dans un article publié en 1937, J. S. Stevenson (2) discute de la minéralisation et du métamorphisme du minerai et des roches connexes.

Notre travail dans la mine Eustis se borna principalement à la cartographie détaillée des étages de 2,800, 3,200 et 3,400 pieds; cette étude, croyons-nous, nous fournirait des indications sur la nature et les possibilités du terrain situé à l'Est du puits. Le plan ci-joint (carte No 468) montre les résultats de ce travail. Nous avons obtenu par là de nombreux renseignements sur l'âge des roches et du minerai, comme nous l'avons noté précédemment dans ce rapport; nous n'aurions pu autrement acquérir ces renseignements, car la surface est à cet endroit couverte d'une épaisse couche de drift et il n'y a pas de grands affleurements de roche.

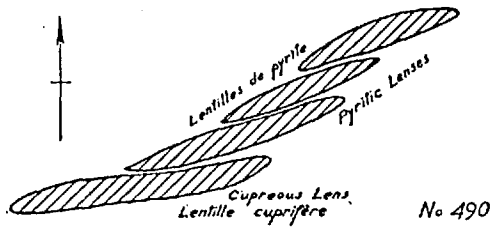


Figure 10. — Schéma montrant l'arrangement en échelon des lentilles de sulfures de la mine Eustis.

Un caractère remarquable de l'amas de minerai d'Eustis est sa forme. Le minerai se trouve dans un repli du schiste séricitique et il est continu depuis la margelle du puits jusqu'à l'étage le plus bas de la mine, soit une distance d'environ 7,000 pieds suivant le pendage (3). La longueur du minerai est petite suivant la direction du froissement; elle est en moyenne de 400 pieds. Quant à son épaisseur, elle dépasse rarement 90 pieds (figure 9).

L'amas de minerai se compose en réalité de quatre lentilles connues sous les noms de lentilles du mur, lentille du milieu, lentille de pyrite du toit, et lentille de cuivre du toit, laquelle est la véritable lentille du toit. Ces lentilles affectent une disposition en échelon, telle qu'indiquée sur le plan schématique, figure 10. Elles s'inclinent de 40° à 60° au Sud-est, avec la schistosité de la roche encaissante. Stevenson a employé le terme sigmoïde (forme de la lettre sigma) pour décrire la forme des lentilles, ce qui est un terme très approprié, et il déduit de cette forme que le minerai

(1) SNOW, Fred W., et BROWNBILL, H. F., *"Mining Methods and Costs at the Eustin Mine"*, Trans. Can. Inst. Min. & Met., Vol. 39, 1936, pp. 71-85. BAXTER, H. A., et SNOW, Fred W., *"Milling Methods and Cost at Eustis Concentrator; ibid.*, pp. 86-97.

(2) STEVENSON, J. S., *"Mineralization and Metamorphism at the Eustis Mine"*; Econ. geol., Vol. 32, No. 3, May 1937.

(3) Depuis on a approfondi le puits à 7,416 pieds.

occupe dans le schiste des ouvertures formées par le froissement. L'examen de la carte jointe à notre rapport confirme cette vue.

La carte que nous avons dressée met en évidence le fait que la direction de la schistosité est très constante. Les déviations de la direction constante vers le Nord-est se présentent à des intervalles qui ne sont pas également espacés. Ces déviations sont également en échelon, c'est-à-dire que la direction s'incurve successivement à gauche et ensuite, après une distance de quelques centaines de pieds, reprend sa course normale. Ces froissements sont distincts des plis étirés. Les axes de ces derniers s'orientent à peu près suivant la schistosité, de sorte que leurs axes sont en général normaux à l'axe des froissements. Il est très probable que les plis étirés et les froissements ont été des agents de localisation du minerai, mais, de ces deux systèmes de plis, les froissements ont exercé l'influence la plus puissante. La longueur extraordinaire de plongement de l'amas de minerai, qui suit l'un de ces froissements atteste la vérité de cette assertion.

Nous avons examiné un certain nombre de spécimens du minerai en coupe polie. Nous ne décrivons pas ici ceux du minerai cuivreux parce que nous ne sommes pas certains qu'ils étaient typiques. La planche III-E (64, 60, 57) est un dessin à la chambre claire de trois spécimens tirés des trois lentilles de pyrite à l'étage de 6,300 pieds. Les spécimens ne représentent pas nécessairement du minerai typique. Nous les avons choisis pour montrer le caractère bréché plutôt que la grosseur moyenne du grain. Comme on le notera, les spécimens Nos 64 et 60 ont des grains à peu près de même dimension. Le No 57, provenant de la lentille de pyrite du toit, a un grain beaucoup plus fin. Nous l'avons choisi spécialement pour illustrer ce cas extrême; nous aurions pu prendre dans cette lentille d'autres spécimens montrant un grain semblable au Nos 64 et 60.

Les spécimens que nous avons examinés indiquent que, au cours du traitement du minerai pour libérer la pyrite de la gangue, il serait nécessaire de broyer à environ 0.1 mm., ce qui équivaut à 120 mesh sur le tamis I.M.M. normal.

Dans l'article que nous avons déjà cité, Stevenson dit que le minerai ne montre pas de déformation postérieure à la minéralisation et il renforce cette assertion par quelques photographies excellentes. Cependant, la planche III-E, (64, 60, 57) de même que d'autres spécimens que nous avons examinés, indiquent qu'une partie du minerai est bréché. On a démontré qu'il y a eu des intrusions ignées postérieures au minerai, et l'on connaît aussi des failles postérieures au minerai, de sorte qu'on peut s'attendre à trouver une structure bréchée.

PERSPECTIVES D'AVENIR:

Il n'y a pas d'indications que l'amas de minerai d'Eustis diminue en dimensions ou en teneur avec la profondeur, et on peut probablement affirmer que les limites auxquelles on pourra porter l'exploitation dépendront d'autres facteurs que la minéralisation. Ces facteurs comprendront particulièrement le coût d'extraction de grandes profondeurs et celui de la ventilation. La compagnie exploitante devrait donc faire tous les efforts possibles pour localiser d'autres amas de minerai de sorte que, lorsque le temps sera venu de suspendre l'exploitation de la mine Eustis, la population qui s'est développée près de cette mine et de la mine Capelton puisse trouver de

l'emploi en permanence. Nous croyons en conséquence devoir faire les suggestions suivantes:

(1) Exploration du froissement entre les chantiers Eustis et Albert. Le procédé d'exploration devrait être ici le sondage au diamant pratiqué aux endroits indiqués sur la carte. Si ces trous révèlent du minerai, on pourrait probablement atteindre la zone en partant de l'étage de 3,400 pieds de la mine Eustis.

(2) Assèchement des chantiers Albert et compilation cartographique des données géologiques, spécialement près du fond de la mine.

(3) Recherches pour trouver du minerai autour du froissement situé au Nord-est de la colline Capel. Nous n'avons pas cartographié ce terrain à cause du manque de temps, mais la vaste structure anticlinale qui se trouve au Nord de la colline Albert (colline 1325) indique l'existence d'un froissement majeur dans le schiste séricitique du côté de Lennoxville de la colline Capel.

COMPARAISON AVEC D'AUTRES GISEMENTS:

Dans sa forme plutôt insolite, on peut comparer le gisement d'Eustis avec celui de la mine d'or Morro Welho, ou St-John del Rey, au Brésil, lequel a une longueur de 10,000 pieds suivant son plongement, une largeur de 500 pieds et une épaisseur de 15 pieds. Dans cet amas de minerai, ce-

RIO TINTO	EUSTIS
(1) Tonnage énorme.	(1) Faible tonnage.
(2) Relativement peu profond.	(2) Très profond.
(3) Longueur considérable suivant la direction.	(3) Petite longueur (400 pieds) suivant la direction.
(4) L'épaisseur maximum du gisement dépasse 600 pieds.	(4) Epaisseur maximum de quatre lentilles, 90 pieds.
(5) Se trouve au contact du porphyre quartzifère et de l'ardoise, où le clivage de l'ardoise se termine sur le contact.	(5) Se trouve dans des ouvertures, qui sont probablement des ruptures de tension dans le porphyre quartzifère.
(6) Substitution plus ou moins complète; peu de gangue.	(6) Proportion considérable de gangue et roche de déchet.
(7) Pyrite, avec de la chalcopyrite; aussi de l'arsénopyrite.	(7) La pyrite est prépondérante dans les quatre lentilles; quantité appréciable de chalcopyrite dans une lentille; pyrrhotine augmentant avec la profondeur.
(8) Les lambeaux témoins d'ardoise jouent un rôle important dans certains des gisements.	(8) Il y a des lambeaux témoins d'ardoise mais ils ne sont pas importants.
(9) Le porphyre quartzifère est grossièrement bréché, et il y a un peu de laminage près des marges du porphyre.	(9) Le porphyre quartzifère est intensément laminé ou devenu schistoïde.
(10) La forme du porphyre est celle d'un dyke taillé en coin.	(10) La forme du porphyre est celle d'un filon-couche.
(11) L'âge du minerai est hercynien, *i. e.*, plus récent que la minéralisation d'Eustis.	(11) L'âge du minerai est probablement calédonien, *i. e.*, plus ancien que la minéralisation de Huelva.

pendant, la largeur est presque normale à la direction de la roche encaissante et non suivant cette direction comme à la mine Eustis (1).

La comparaison avec le gisement Rio Tinto fait ressortir un certain nombre d'analogies intéressantes et aussi certaines différences importantes, telles qu'inscrites dans le tableau ci-contre.

En général, le minerai d'Eustis est semblable au minerai marginal disséminé de Huelva plutôt qu'au minerai massif de ce même endroit. Dans son association avec le porphyre quartzifère, il ressemble plus au minerai de Rio Tinto qu'à celui des gisements Sulitelma et Orkla, en Norvège. Ces derniers gisements sont dans le schiste, mais ils sont associés au gabbro qui est en intrusion dans le schiste.

Mine Suffield

La mine Suffield est située dans la partie Ouest de la région de la carte, dans les lots 2 et 3, rang XI du canton d'Ascot. Elle est inexploitée depuis plusieurs années et les chantiers sont actuellement remplis d'eau.

L'amas de minerai est très différent de celui d'Eustis. Le minerai se trouve au contact du filon-couche de porphyre quartzifère de Suffield avec les ardoises noires sous-jacentes. Le porphyre plonge au Sud-est, de sorte que le minerai se trouve sur le mur du filon-couche. Le contact a un plongement abrupt à la surface, mais, selon les rapports, il devient moins accusé en profondeur; des sondages au diamant récents confirment ceci.

L'examen de certaines des fosses de prospection près du contact montre que l'ardoise, de même que le porphyre, sont minéralisés. Si le minerai ne persiste pas suivant la direction du plongement, on devrait examiner le contact suivant la direction et on devrait aussi explorer à fond le mur d'ardoise.

Nous avons vu les carottes des sondages au diamant au bureau de M. Stenson, à Sherbrooke, où elles sont conservées. Ces carottes présentent des sections bien minéralisées. Voici le journal de sondage que nous avons reconstitué avec une partie des carottes extraites du trou No 1:

Nombre de pieds	Détails
249-252.....	Chalcopyrite, sphalérite, avec quantités moindres de pyrite ,associées à du quartz.
252-254.....	Stérile.
254-261.....	Sphalérite et chalcopyrite, avec pyrite qui augmente à la distance de 259 pieds où elle est le sulfure dominant. Une partie de la sphalérite est de couleur ambrée.
261-266.....	Stérile.
266-269.....	Des sulfures, du quartz clair, quelques bandes de schiste chloritique.
269	Ici se termine la minéralisation.

Les positions et inclinaisons des trous sont indiquées sur la carte jointe à ce rapport, sur laquelle on constatera également que les mines Howard, King et Silver Star sont toutes sur le même contact entre le porphyre et l'ardoise que la mine Suffield.

(1) Lindgren, W., Citant L. C. Graton; *"Mineral Deposits"*, 4ème édition,

Bibliographie

Bancroft, J. Austen, *Les gisements de cuivre des cantons de l'Est de la Province de Québec;* Division des Mines, Dept. de la Colonisation, des Mines et des Pêcheries, Québec, 1915.

Dresser, John A., *Géologie et Pétrographie de la montagne Shefford Québec;* Com, géol. Can., rapp. ann., Vol. XIII, pt. L, 1900.
Les gisements de cuivre des cantons de l'Est de Québec; Com. géol. Can., rapp. No 974, 1907.
The Magog Conglomerate: A Horizon Mark in the Quebec Group; Trans. Roy. Soc. Can., Vol. XIX, Sect. IV, 1925, pp. 115-121.

Ells, R. W., *Géologie d'une portion des Cantons de l'Est;* Com. géol. Can., rapp. ann., Vol. II, pt. J, 1886, pp. 1-74.
The Stratigraphy of the Quebec Group; Bull. Geol. Soc. Am., Vol. 1, avril 1890.

Jones, O. T., *The Ordovician-Silurian Boundary in Britain and North America;* Jour. Geol., Vol. XXXIII, No 4.

Logan (Sir) W. E., etc. *Géologie du Canada,* 1863, p. 266.

Selwyn, A. R. C., *Observation sur la Stratigraphie du Groupe de Québec;* Com. Géo. Can., Rapp. des opér., pt. A, 1877-78, pp. 1-18.
Rapp. des opér., pt. A, 1877-78, pp. 1-18.

Vermont. *Report of the State Geologist,* 1935-36.

Bibliographie des gisements Rio Tinto et Sulitelma

Bishopp, D. W., *The Tectonic Geology of the Sulitelma Pyrite Deposits;* Bull. Inst. Min. and Met., 1923.

Vogt, Thorolf, *Sulitelmamfeltets Geologi og Petrografi;* Norges Geologiske, Undersokelse, Oslo, 1927.

Douglas, G. V., *Structural Relationships and Genesis of the Pyritic Orebodies of Huelva;* Geol. Mag., Vol. LXVI, 1929.

Williams, David, *Geology of Rio Tinto Mines;* Bull. Inst. Min. and Met., 1933-34.

NOTE: — Cet article constitue l'étude la plus complète faite jusqu'ici sur le sujet et il contient une carte et une bibliographie excellente.

TABLE ALPHABETIQUE

	Page
Ardoises noires	7, 13
Boucher, D.	5
Brownbill, H. F.	5
Calcaire, ordovicien	14
Capel, ruisseau	
Lambeau d'ardoise	13
Clivage à la mine Eustis	23
Coaticook, rivière	6
Consolidated Copper and Sulphur Company, Ltd.	24
Desjardins, Roger	5
Dévonien (?)	14
En intrusion	17
Diorite	14
Age relatif	7, 8
En intrusion dans les ardoises	14
Recoupée par le porphyre	14
Eustis, filon-couche	15
Eustis, mine	
Comparée avec Rio-Tinto	28
Forme des lentilles	26
Perspectives d'avenir	27
Quantité de minerai extrait	24
Teneur du minerai	24
Failles	24
Fossiles dans les ardoises	13
Géologie appliquée	24
Géologie générale	6
Groupe de Québec	7
Holmehurst, ferme	
Lambeau d'ardoise	13
Howard, mine	29
Huelva, Espagne, gisements	
Comparés avec la mine Eustis	8
Jack's, ruisseau	
Enclave d'ardoise	13
Keevil, N. B.	
Dét. de l'âge des dykes par porportion d'hélium	18
King, mine	29
Lamporphyres, dykes	8, 17
Déter. de l'âge par la prop. d'hélium	18
Littleton, New-Hampshire, région de	
Comparée avec la mine Eustis	9
Magog, lac	6
Magog, rivière	5
Massawipi, lac	6
Massawippi, rivière	5
Ardoises	13
Memphrémagog, lac	6
Métamorphisme	19
Métasomatisme	19
Moosilauke, New Hampshire,	
Corrélation avec la région de la mine Eustis	9
Morro Welho, gisement	
Comparé au gisement Eustis	28
Ordovicien, rég. de la mine Eustis	11
Porphyre quartzifère	7, 15, 19
Age du	7
En intrusion dans les ardoises	13
Quartzite	13
Rio-Tinto,	
Comparaison avec la région d'Ascot	8
Roche verte	8, 15, 21
Saint-François, rivière	5
St-John del Rey, mine	
Comparée avec Eustis	28
Salmon, rivière	6
Schistes nacrés	7
Schiste séricitique	7, 13, 15, 19
Silurien (?)	14
Silver Star, mine	29
Snow, F. W.	5
Suffield, filon-couche	15
Suffield, mine	29
Journal de forages	29
Tectonique	22