



SCOTIAN SHELF SURFICIAL GEOLOGY AND PHYSICAL PROPERTIES 18 SLOPE: VERRILL CANYON

D. C. Mosher, K. Moran, and J. Zevenhuizen

Recommended citation: Mosher, D. C., Moran, K., and Zevenhuizen, J., 1991: Surficial geology and physical properties 18: slope: Verrill Canyon; in East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf, Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, p. 145.

Additional copies of this map may be obtained from the Geological Survey of Canada, Atlantic Geoscience Centre, P. O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Canada (Ph: 902-426-2773; FAX: 902-426-4266).

PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE GÉOLOGIE DES FORMATIONS EN SURFACE ET PROPRIÉTÉS PHYSIQUES TALUS: CANYON VERRILL

D. C. Mosher, K. Moran, et J. Zevenhuizen

Notation bibliographique conseillée: Mosher, D. C., Moran, K., et Zevenhuizen, J., 1991: Géologie des formations en surface et propriétés physiques 18: talus: canyon Verrill; dans Série des atlas des bassins de la côte Est: plate-forme Néo-Écossaise; Centre géoscientifique de l'Atlantique, Commission géologique du Canada, p. 145.

Des copies supplémentaires de la carte peuvent être obtenues auprès de la Commission géologique du Canada, Centre géoscientifique de l'Atlantique, case postale 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2 Canada tél (902) 426-2773, facsimilé (902) 426-4266.

The Scotian Slope is part of the passive eastern North American continental margin that has accumulated a thick progradational Jurassic to Neogene sedimentary wedge (Jansa and Wade, 1975). Passive margin continental slope environments preserve a more continuous sedimentary record than neighbouring continental shelves or land masses, particularly on high-latitude continental margins where erosion, due to glacial processes and major low stands of sea level, has occurred. The Scotian margin, because of its latitudinal position with respect to Quaternary glaciations, has been greatly influenced by glacial processes and major relative sea level fluctuations (King and Fader, 1986; Piper, 1988).

The Scotian Slope Verrill Canyon area (Fig. 1, 2) was studied to better define the Late Quaternary history of events on the Scotian margin, and to characterize the physical properties of typical Quaternary slope sediments. Seismic reflection profiles from the Verrill Canyon study area show well stratified, continuous reflectors underlying most of the slope. These reflectors can be traced in the outer shelf tills (Fig. 3, 4). The intervals between reflections thin downslope, and vary in thickness laterally. The outer shelf incoherent reflectors, interpreted to represent tills, extend as wedge-shaped units on the slope. These wedge units occur in water too deep to have been deposited directly by glacier ice. They are, therefore, interpreted as slumped diamict and outwash deposits, indicative of proximal glacial ice. The age of the uppermost wedge-shaped unit (Fig. 3, 4) is estimated as 26,000-21,000 yr B.P. based on the extrapolation of radiocarbon dates, which correspond with a late Wisconsinan glacier readvance. The underlying wedge-shaped unit extends farther west along the continental slope and may represent a more extensive early Wisconsinan ice advance. A third wedge-shaped unit, inferred to have formed during isotopic stage 6, is possibly a remnant of the first glaciation in the study area. The parallel reflections which thin downslope and can be traced to within these wedges, are interpreted as glaciomarine sediment (Fig. 3, 4; Mosher et al., 1989).

Seismic reflection profiles and sidescan sonar images show abundant evidence of mass-wasting processes within the study region (Fig. 5, 6, 7). Two large, lobe-shaped areas of disturbed sediment believed to result from rotational slumping and sliding can be identified, as well as numerous scarps and scours generated by bedding-plane slides.

Piston cores from Verrill Canyon collectively represent approximately 25 m of slope stratigraphy. In water depths >300 m, the upper 1-2 m of sediment comprise recent marine silty clay (light blue). This unit is distinguishable over all of the Scotian Slope (Hill, 1984). It is recognized by its olive green colour, fine grained texture and anomalous decrease in shear strength with depth (Fig. 11, 13, 15). Below this unit, the Slope consists of glaciomarine sediment (green). Cores 82-004-001 and 88-010-018 represent complete stratigraphic sections, sampling these two units (Fig. 8 to 11). Two foraminiferal assemblages are represented in core 82-004-001. The upper assemblage is interpreted as post-glacial and is consistent with the physical properties of the recent marine unit; the lower assemblage is interpreted to be characteristic of an ice margin environment. The physical properties of the glaciomarine unit (green) are best

represented in core 88-010-018 (Fig. 11). Peak shear strength shows a nearly linear increase with depth; water content and bulk density show trends consistent with a normally consolidating sediment sequence; and the acoustic compressional wave velocity and magnetic susceptibility vary with density. In cores 83-012-004 and 88-010-017, removal of sediment by slumping exposes stratigraphically lower (older) examples of the lower glaciomarine unit (green; Fig. 12 to 15). The shear strength in core 88-010-017 is high compared with the younger sequences in core 88-010-018. In addition, bulk density is higher, and water content is lower; higher magnetic susceptibility suggests a different source sediment for these older sequences.

The majority of the late Wisconsinan sediment in the Verrill Canyon area is interpreted to be glaciomarine, most of it transported and deposited on the slope either via outwash plumes or by mass-wasting of the outer Scotian Shelf and uppermost Scotian Slope glacial sediment. Failure of these sediments may have been caused by earthquake loading or by reduction in shear strength due to excess pore pressures from rapid sedimentation or gas generation. Modern slope instabilities are not occurring in the Verrill Canyon on a large scale. However, local small instabilities are possible given the low shear strength of the surficial sediment. A mass-failure event occurred about 12,000 yr B.P., resulting in two zones of rotational slumps (Fig. 3). Subsequent to that event, the slope area has developed seafloor pockmarks, normally related to excess pore fluid release due to gas generation. To the northeast of Verrill Canyon, the Laurentian Fan region experienced major mass movements associated with the Grand Banks earthquake of 1929 (Piper et al., 1985).

REFERENCES

- Hill, P. R.
1984: Facies and sequence analysis of Nova Scotia Slope muds: turbidite vs. 'hemipelagite' deposition; in *Fine-Grained Sediments: Processes and Products*, (ed.) D. A. V. Stow and D. J. W. Piper; Blackwell Publishing, London, p. 311-318.
- Jansa, L. F. and Wade, J. A.
1975: Geology of the continental margin off Nova Scotia and Newfoundland; in *Offshore Geology of Eastern Canada, Volume 2, Regional Geology*, (ed.) W. J. M. van der Linden and J. A. Wade; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, v. 2, p. 51-105.
- King, L. H. and Fader, G. B.
1986: Wisconsinan glaciation on the continental shelf of southeast Atlantic Canada; Geological Survey of Canada, Bulletin 363, 72 p.
- Mosher, D. C., Piper, D. J. W., Vilks, G. V., Aksu, A. E., and Fader, G. B.
1989: The Late Quaternary stratigraphy of the Verrill Canyon area, Scotian Slope; *Quaternary Research*, v. 31, p. 27-40.
- Piper, D. J. W.
1988: Glaciomarine sedimentation on the continental slope off eastern Canada; *Geoscience Canada*, v. 15, p. 23-28.
- Piper, D. J. W., Farre, J. A., and Shor, A. N.
1985: Late Quaternary slumps and debris flows on the Scotian slope; *Geological Society of America Bulletin*, v. 96, p. 1508-1517.

Le talus Néo-Écossais est une partie constituante de la marge continentale passive de l'Est de l'Amérique du Nord (Heezen, 1974) qui s'est construite par l'accumulation d'un épais biseau sédimentaire de progradation du Jurassique au Néogène (Jansa et Wade, 1975). Dans un environnement de talus continental de marge passive, la sédimentation est plus continue que sur les plates-formes continentales ou les masses continentales adjacentes, en particulier sur les marges continentales de haute latitude qui ont été érodées par des processus glaciaires et lors de périodes majeures de bas niveau marin. La marge Néo-Écossaise, étant donné sa latitude relativement aux glaciations quaternaires, a été grandement affectée par les processus glaciaires et les fluctuations majeures du niveau marin relatif (King et Fader, 1986; Piper, 1988).

La région du canyon Verrill dans le talus Néo-Écossais (fig. 1, 2) a été étudiée pour mieux définir la chronologie des événements du Quaternaire tardif de la marge Néo-Écossaise et pour caractériser les propriétés physiques des sédiments quaternaires typiques du talus. Les profils de sismique-réflexion de la zone d'étude du canyon Verrill montrent des réflecteurs continus bien stratifiés dans presque toute la subsurface du talus. Ces réflecteurs peuvent être retracés dans les tills de la plate-forme externe (fig. 3, 4). Les intervalles entre les réflexions s'amincissent vers le bas du talus et varient en épaisseur latéralement. Les réflecteurs incohérents de la plate-forme externe, interprétés comme des tills, s'étendent sous forme d'unités en biseaux dans la subsurface du talus. Ces unités en biseaux se trouvent en eau trop profonde pour avoir été déposées directement par la glace de glacier. Il s'agit, par conséquent, de diamictons ayant été entraînés par un décrochement et de sédiments d'épandage fluvio-glaciaire, indicateurs de la proximité de glace de glacier. L'âge de l'unité en biseau sommitale (fig. 3, 4) a été établi à 26 000 - 21 000 ans à partir d'une extrapolation de datations au radiocarbone, ce qui correspondrait à une réavancée glaciaire du Wisconsinien tardif. L'unité en biseau sous-jacente s'étend plus loin à l'ouest, le long du talus continental, et pourrait représenter une avancée glaciaire plus vaste du Wisconsinien précoce. Une troisième unité en biseau, qui se serait formée durant l'étage 6 de la stratigraphie isotopique, constitue probablement un lambeau de la première glaciation dans la région d'étude. Les réflexions parallèles qui s'amincissent vers le bas du talus et qui peuvent être retracées dans ces biseaux ont donc été interprétées comme des sédiments glaciomarins (fig. 3, 4; Mosher et al., 1989).

Des profils de sismique-réflexion et des images de sonar à balayage latéral révèlent la présence de nombreux indices de mouvement de masse au sein de la région d'étude (fig. 5 à 7). Deux grandes zones de sédiments perturbés en forme de lobe qui seraient le résultat de décrochement rotationnel et de glissement ainsi que de nombreux escarpements et cicatrices causés par des glissements selon les plans de stratification peuvent être identifiés.

Les échantillons obtenus par carottier à piston dans le canyon Verrill représentent ensemble 25 m environ de la coupe stratigraphique du talus. Aux profondeurs d'eau dépassant 300 m, les 1 à 2 m supérieurs des sédiments contiennent de l'argile silteuse marine récente (bleu clair). Cette unité est facilement reconnaissable sur tout le talus Néo-Écossais (Hill, 1984). On la reconnaît par sa couleur vert olive, sa texture à grain fin et une diminution anormale de sa résistance au cisaillement avec la profondeur (fig. 11, 13, 15). Au-dessous de cette unité, le talus est composé de sédiments glaciomarins (vert). Les carottes 82-004-001 et 88-010-018 représentent des coupes stratigraphiques complètes qui permettent l'échantillonnage de ces deux unités (fig. 8-11). Deux associations de foraminifères ont été reconnues dans la carotte 82-004-01. L'association supérieure semble être postglaciaire, ce qui est en accord avec les propriétés physiques de l'unité marine récente; l'association inférieure semble être caractéristique d'un milieu de marge glaciaire. C'est

dans la carotte 88-010-018 (fig. 11) que les propriétés physiques de l'unité glaciomarine (vert) sont les mieux représentées. La résistance au cisaillement maximale augmente quasi linéairement avec la profondeur; la teneur en eau et la masse volumique apparente présentent des tendances compatibles avec une séquence sédimentaire normalement consolidée; et la vitesse des ondes sonores de compression ainsi que la susceptibilité magnétique varient en fonction de la masse volumique. Dans les carottes 83-012-004 et 88-010-017, l'enlèvement de sédiments par des décrochements, fait affleurer des constituants stratigraphiquement plus profonds (plus anciens) de l'unité glaciomarine inférieure (vert; fig. 12-15). La résistance au cisaillement de la carotte 88-010-017 est élevée comparativement à celle des séquences plus récentes de la carotte 88-010-18. De plus, la masse volumique apparente est plus élevée et la teneur en eau plus faible; la susceptibilité magnétique sensiblement plus élevée suggère une source sédimentaire différente pour ces séquences plus anciennes.

La majorité des sédiments du Wisconsinien tardif dans la région du canyon Verrill seraient d'origine glaciomarine, la plupart transportés et déposés sur le talus soit par des panaches d'épandage fluvio-glaciaire ou par des mouvements de masse sur la partie externe de la plate-forme Néo-Écossaise et dans les sédiments glaciaires sommitaux du talus Néo-Écossais. La rupture de ces sédiments peut avoir été causée par des surcharges causées par des séismes ou par la diminution de la résistance au cisaillement résultant de pressions interstitielles excédentaires par suite d'une sédimentation rapide ou de la formation de gaz. Dans le canyon Verrill, des instabilités du talus actuel ne se produisent pas à une grande échelle. Cependant, il est possible que de petites instabilités locales se produisent étant donné la faible résistance au cisaillement des sédiments superficiels. Une rupture de masse s'est produite il y a environ 12 000 ans, causant la formation de deux zones de décrochement rotationnel. Par la suite, se sont formées dans la zone du talus des dépressions coniques résultant habituellement d'un échappement de fluide interstitiel en raison de pressions excédentaires causées par la formation de gaz. Au nord-est du canyon Verrill, la région du cône Laurentien a été le siège d'importants mouvements de masse associés au séisme des Grands Bancs de 1929 (Piper et al., 1985).

RÉFÉRENCES

- Hill, P. R.
1984: Facies and sequence analysis of Nova Scotia Slope muds: turbidite vs. 'hemipelagite' deposition; in *Fine-Grained Sediments: Processes and Products*, (ed.) D. A. V. Stow and D. J. W. Piper; Blackwell Publishing, London, p. 311-318.
- Jansa, L. F. et Wade, J. A.
1975: Geology of the continental margin off Nova Scotia and Newfoundland; in *Offshore Geology of Eastern Canada, Volume 2, Regional Geology*, (ed.) W. J. M. van der Linden and J. A. Wade; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, v. 2, p. 51-105.
- King, L. H. et Fader, G. B.
1986: Wisconsinan glaciation on the continental shelf of southeast Atlantic Canada; Geological Survey of Canada, Bulletin 363, 72 p.
- Mosher, D. C., Piper, D. J. W., Vilks, G. V., Aksu, A. E., et Fader, G. B.
1989: The Late Quaternary stratigraphy of the Verrill Canyon area, Scotian Slope; *Quaternary Research*, v. 31, p. 27-40.
- Piper, D. J. W.
1988: Glaciomarine sedimentation on the continental slope off eastern Canada; *Geoscience Canada*, v. 15, p. 23-28.
- Piper, D. J. W., Farre, J. A., et Shor, A. N.
1985: Late Quaternary slumps and debris flows on the Scotian slope; *Geological Society of America Bulletin*, v. 96, p. 1508-1517.