

MAGNEC
AMNEC

MULTI-AGENCY GROUP FOR NEOTECTONICS
IN EASTERN CANADA

L'ASSOCIATION MULTIPARTITE POUR LA NÉOTECTONIQUE
DANS L'EST CANADIEN

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document a été produit par
numérisation de la publication originale.

Published by the
GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA
as Open File Report 1991

MAGNEC '88

Annual Report

March 1989



GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

Open File Report 1991

M A G N E C ' 8 8

Annual Report

Prepared by the
Multi-Agency Group for Neotectonics in Eastern Canada

Edited by
J.A. Heginbottom, Geological Survey of Canada Sector
J.L. Wallach, Atomic Energy Control Board

Ottawa
February 1989

AVAILABILITY OF REPORTS

Copies of this report are available for viewing in all libraries of the Geological Survey of Canada.

Geological Survey of Canada
601 Booth Street
Ottawa, Ontario
K1A 0E8
Tel.: (613) 995-4342

Institute of Sedimentary and
Petroleum Geology
3303-33rd Street, N.W.
Calgary, Alberta, T2L 2A7
Tel.: (403) 284-0375

Atlantic Geoscience Centre
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, N.S. B2Y 4A2
Tel.: (902) 426-3410

Cordilleran and Pacific Division
Geological Survey of Canada
100 West Pender Street
Vancouver, B.C. V6B 1R8
Tel.: (604) 666-0271

Geophysical Data Centre
Geophysics Division
Geological Survey of Canada
1 Observatory Crescent
Ottawa, Ontario K1A 0Y3
Tel.: (613) 995-5326

Pacific Geoscience Centre
P.O. Box 6000
9860 Saanich Road
Sidney, B.C. V8L 4B2
Tel.: (604) 356-6453

Additional copies may be purchased from :

Ashley Reproductions Inc.
386 Bank Street
Ottawa, Ontario K2P 1Y4
Attention: G. Cloutier
Telephone: (613) 235-2115

The contract reports described in Section 5 of this report are available as follows :

- 5.1 (Mohajer, 1987)
- 5.2 (Martin, 1988)

Atomic Energy Control Board
P.O. Box 1046
Ottawa, Ontario K1P 5S9
Attention: J.L. Wallach
Telephone: 995-2509

- 5.3 (Gorrell, 1988)

Ashley Reproductions Inc.
386 Bank Street
Ottawa, Ontario K2P 1Y4
Attention: G. Cloutier
Telephone: (613) 235-2115

PREFACE

This is the first annual report of MAGNEC, the Multi-Agency Group for Neotectonics in Eastern Canada. The principal intent of the report is to provide information on the plans for the current fiscal year and, by virtue of the short reports of activities, to summarize the progress made in the previous year.

The MAGNEC program comprises research in diverse geographical areas and in distinct geoscientific disciplines with one objective in mind: to improve the estimates of seismic hazard in eastern Canada. The philosophy, origin and mandate of MAGNEC are described in the following section, by J.S. Scott, entitled: "THE MAGNEC PROGRAM - AN INTRODUCTION". In order to achieve this objective, knowledge of the seismic record has to be pushed back in time to provide a more representative picture of where and when seismic activity has occurred and which geological structures are most likely to be seismic sources. Extending the time span necessitates acquiring and evaluating geological evidence of neotectonic (geologically recent) activity and combining it with new and existing data on earthquake occurrences.

In undertaking the mandate of the program effort is devoted to finding features which may indicate recent seismic and tectonic activity, such as landslides, convoluted laminations, sand volcanoes, faults, fractures and folds, or evidence of liquefaction of unconsolidated deposits. Any of the aforementioned features found in sediments deposited during or after the pleistocene glaciations which covered most of eastern Canada, are unquestionably young and therefore may be potential indicators of crustal instability and earthquakes. On the other hand they may have formed solely as a result of glacial or sedimentary processes, in which case they have nothing to do with recent geological instability. Nonetheless, they cannot simply be ignored; they must be documented, evaluated and then interpreted in the light of the data and of an understanding of all geological processes, tectonic or otherwise.

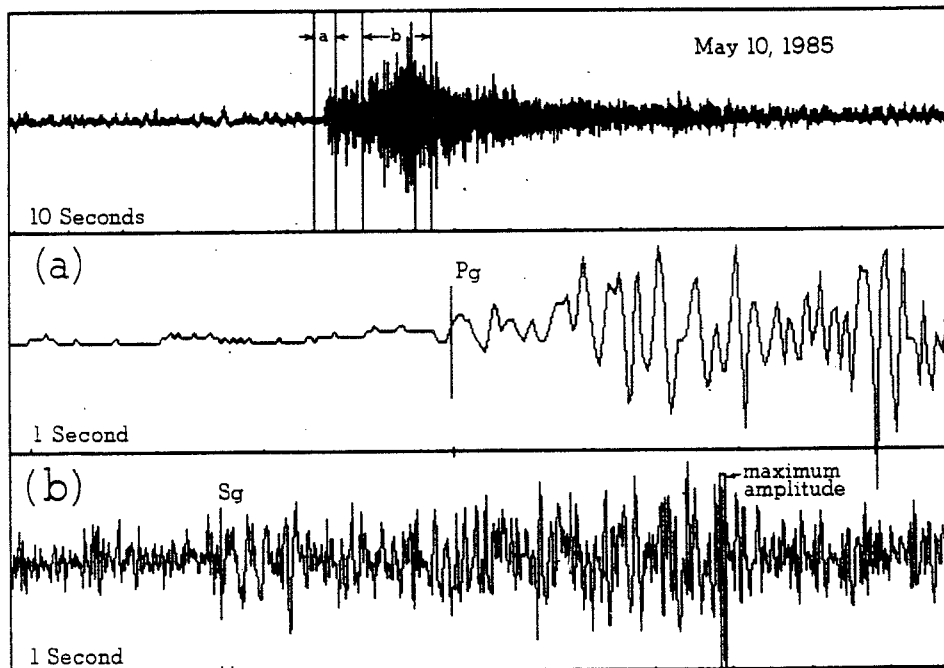
Structures in bedrock, particularly faults, present a different problem in that their ages are uncertain. All that can be said for most such structures is that they are younger than the rock in which they occur. In eastern Canada this is not too helpful for identifying recent tectonic movements because the youngest rocks are Cretaceous in age (about 80 to 120 million years old) and they comprise a only very small fraction of the total. Precambrian (> 600 million years old) and Lower to Middle Paleozoic rocks (about 420 to 600 million years old) predominate. Among the phenomena being sought and investigated are bedrock features such as faults which may pass into overlying sediments, and pop-ups, offset boreholes and other indicators of stress or displacement in the rock.

The editors thank, particularly, Ms. Katherine L. Gareau, of the Geological Survey of Canada, who typed the English and the French versions of this report; and Mr. Gilles Plante, of the Atomic Energy Control Board, who edited the French version.

J.L. Wallach
J.A. Heginbottom



Offset boreholes, a young geological event, in a roadcut near Kingsford, Ontario (GSC photo 204120-A, June 1988, J.A. Heginbottom)



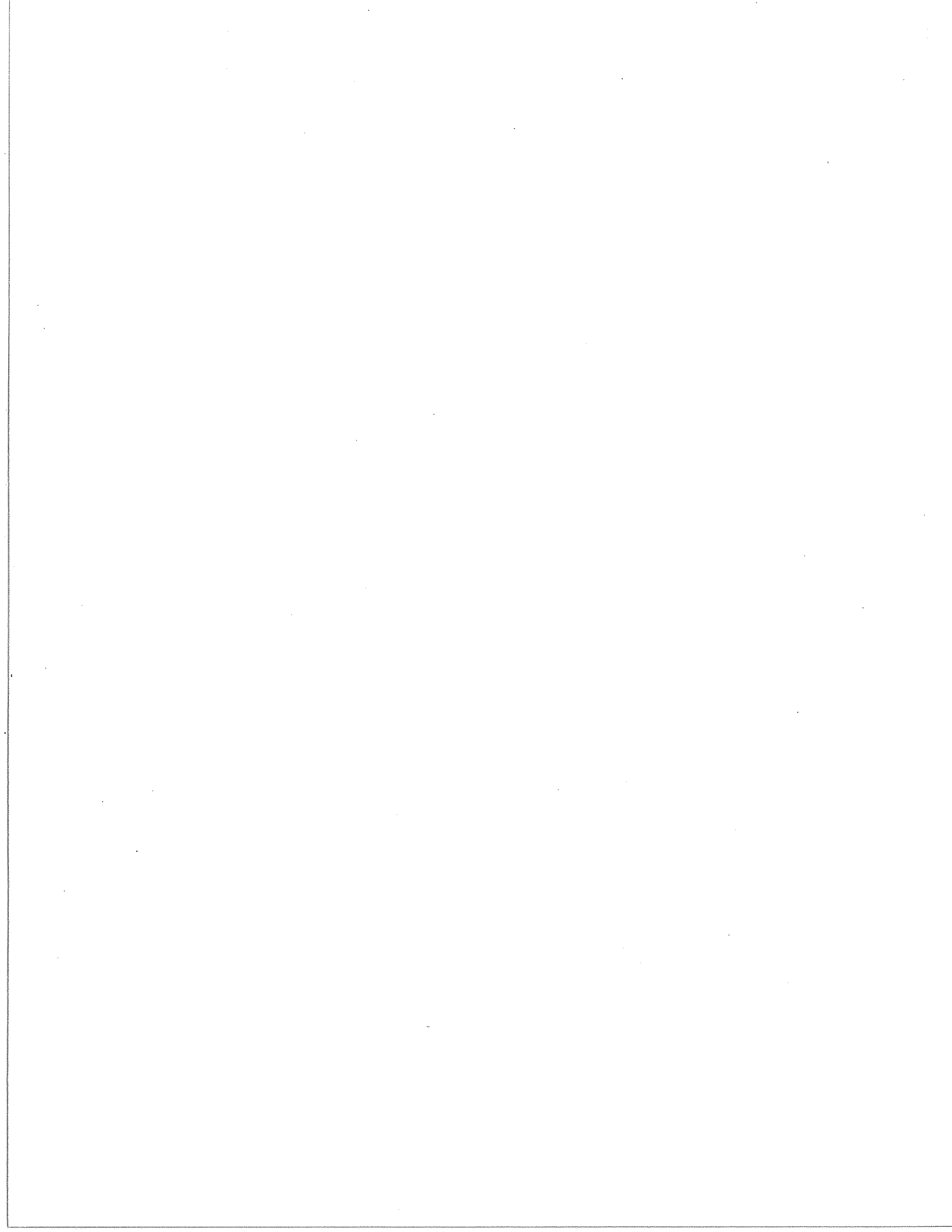
Seismograph record of a small earthquake 70 km from Eldee, Ontario, 10 May 1985, recorded at Eldee by Geophysics Division, Geological Survey of Canada. Note the horizontal time scale has been expanded from 10 seconds in the upper window to 1 second in the middle and lower window.

C O N T E N T S

	PAGE
1. THE MAGNEC PROGRAM - AN INTRODUCTION - J.S. Scott	1
2. REPORTS OF ACTIVITIES 1987/88	9
3. PROGRAM 1988/89	15
Maritime Provinces Charlevoix Region, Quebec Charlevoix Region, Quebec Southern Ontario & Western Quebec Co-operation with American Organizations Participating Agencies	
4. EXTENDED ABSTRACTS	21
4.1 Crustal Stresses in Eastern Canada, J. Adams	23
4.2 Seismicity and Seismotectonics of the Labrador Sea and Labrador, and its Relation to the Seismogenic Rift Structures of Eastern Canada, J. Adams, F.M. Anglin and P.W. Basham	25
4.3 Seismicity and Seismotectonics of Canada's Eastern Margin and Craton, J. Adams and P.W. Basham	27
4.4 New Focal Mechanisms for Southeastern Canadian Earthquakes, J. Adams, J. Sharp and M.C. Stagg	29
4.5 Investigation of Historical Seismicity in Southwestern New Brunswick, K. Burke, R. Comeau, S. Slauenwhite and P. Biddescombe	31
4.6 Investigation of Potentially Neotectonic Features in Southwestern New Brunswick, K. Burke and P. Stringer	32
4.7 Geological Evaluation of the Seismicity of the Charlevoix area, Quebec, J-Y. Chagnon and J. Locat	34
4.8 Eastern Canada Earthquake Activity During 1987, J. Drysdale	35

	PAGE
4.9 Geological Interpretation of Regional Geophysics for the Central Metasedimentary Belt, D.A. Forsyth, J.M. Moore, D. Abbinett and J. Halpenny	37
4.10 Geophysical Investigations of the Central Metasedimentary Belt, Grenville Province: Quebec to Northern New York State, D.A. Forsyth, M.D. Thomas, D. Real, D. Abbinett, J. Broome and J. Halpenny	38
4.11 Investigations of Neotectonic Features in Prince Edward County, Southern Ontario, G.H. McFall, G.A. Gorrell, O.L. White and P.J. Barnett	39
4.12 Reappraisal of the Seismotectonics of Southern Ontario - Task 1: "Relocation of Earthquakes and Seismicity Pattern", A.A. Mohajer	41
4.13 The Sudbury Local Telemetered Seismograph Network, M. Plouffe, M.G. Cajka, R.J. Wetmiller and M.D. Andrew	43
4.14 Deformation in Quaternary Deposits of Southwestern New Brunswick - Possible Neotectonic Implications, A.A. Ruitenber	45
4.15 Seismic Activity in Northern Ontario, 1987, R.J. Wetmiller and M.G. Cajka	47
5. REPORTS SUBMITTED TO MAGNEC	51
5.1 Reappraisal of seismotectonics of southern Ontario; A.A. Mohajer, University of Toronto, for Ontario Hydro (November, 1987)	53
5.2 Neotectonics in the Maritime Provinces; G.L. Martin, Language Unlimited, for Atomic Energy Control Board (March, 1988)	54
5.3 Investigations and documentation of the neotectonic record of Prince Edward County, Ontario; by G.A. Gorrell, consultant, for Geological Survey of Canada (March 1988)	55

1. THE MAGNEC PROGRAM
AN INTRODUCTION



J.S. SCOTT
Geological Survey of Canada

(Editors' note: A one-day special session on "Neotectonics in Eastern Canada", sponsored by MAGNEC, was held at the joint annual meeting of the Geological Association of Canada and the Mineralogical Association of Canada, Memorial University, St-John's, Newfoundland, 25 May 1988. The following is an edited version of an address given by Dr. J.S. Scott, the new chairman of MAGNEC, at the opening of that session.)

Earlier this year I accepted the Chairmanship of the MAGNEC Program and subsequently was asked by the organizers of the symposium to give the introductory paper. I am grateful to the organizers of the symposium and to the authors of the published abstract of the original introductory paper, in particular John Adams¹ who kindly relinquished his speaker's role, for providing me with the opportunity to describe the MAGNEC Program.

This program is both an interesting and pragmatic multi-agency activity that endeavors to combine the skills of geophysicists and geologists for enhancement of seismic risk evaluation in Eastern Canada, particularly as this is applied to the sighting of critical engineering structures such as nuclear installations or sub-surface gas storage facilities.

History of MAGNEC

The symposium provided the first occasion for the MAGNEC Program to be presented to a scientific conference and to present a brief background of the Program. The acronym MAGNEC is shorthand for Multi-Agency Group for study of Neotectonics in Eastern Canada which identifies where the program activities are generally located, something about what it is focussed upon and, that more than one group of investigators is involved.

The concept for the program can be credited to John Bowlby of Ontario Hydro, in whose mind it began to take shape during 1985. Support for such a program can also be found in the responsibility of AECS to assess applications, in particular from electrical utilities, for construction of nuclear power plants which command rather stringent requirements for aseismic design. Both previous and parallel with these developments, however, were the investigations of John Adams and others of a variety of displacements of geological materials that might be attributable to seismic events or other manifestations of release of geological stresses. Thus, it is logical that the practical needs of both a major public utility and a regulatory agency should be combined with the curiosity of scientists from a number of agencies to form a program organized early in 1986 with a mandate statement of "integrated geologic and seismotectonic studies for improved assessment of seismic hazard in Eastern Canada". This statement was later broadened to read simply "integrated seismic hazard assessment in Eastern Canada".

¹ Dr. J.E. Adams, Geophysics Division, Geological Survey of Canada; Chairman of MAGNEC, 1986-1988

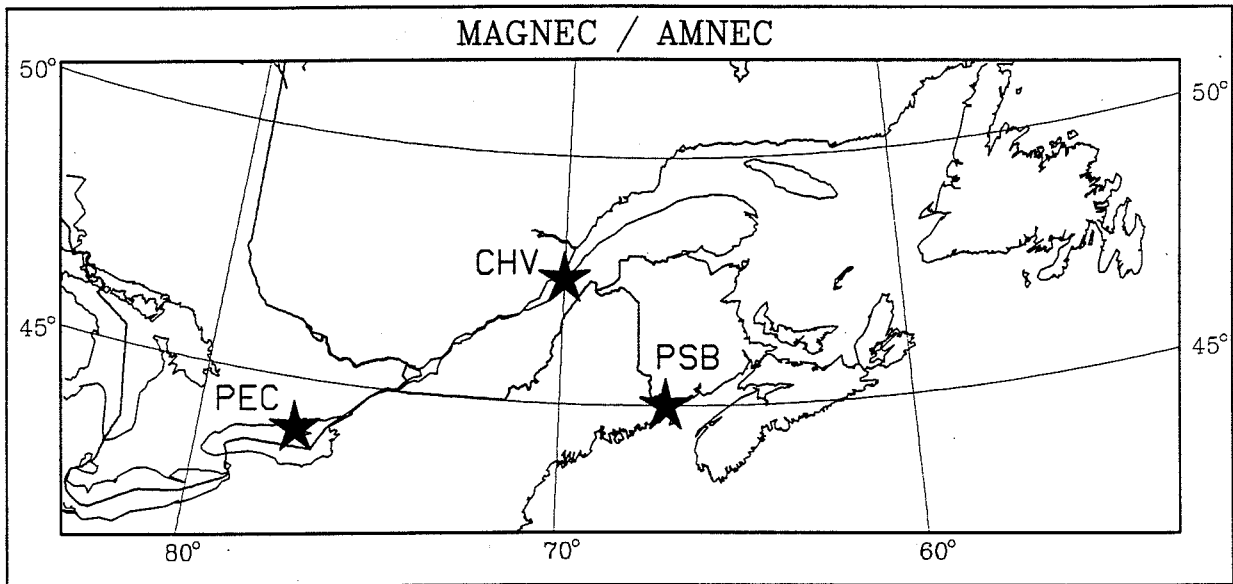


Figure 1.1 The area of eastern Canada of interest to MAGNEC (Multi-Agency Group for Neotectonics in Eastern Canada). The stars indicate sites of specific interest: (CHV: Charlevoix seismic zone; PEC: Prince Edward County; PSB: Passamaquoddy Bay.)

The MAGNEC Program

As an introduction it may be helpful to examine the components of the acronym MAGNEC but in reverse order. First there is 'EC' or Eastern Canada, which includes Eastern Ontario, the St. Lawrence lowlands and the maritime region with particular reference to New Brunswick and is characterized by several seismic source zones. In Ontario and New Brunswick there are operating nuclear power plants with the prospect of additions to nuclear generating capacity. Study areas of specific interest to the MAGNEC Program, as shown in Figure 1, are Prince Edward County (PEC) at the eastern end of Lake Ontario which may contain the northern extension of the Clarendon-Linden fault of upper New York State, the Charlevoix seismic source zone of the lower St. Lawrence (CHV), and the Passamaquoddy Bay region of New Brunswick (PSB).

Figure 2 is a simplified, diagrammatic presentation, rather than a precise illustration, of the magnitude versus recurrence interval for earthquakes that may occur in Eastern Canada. Although this diagram is not specific to any particular source zone in Eastern Canada, the slope of the line is an approximation to the magnitude-recurrence relationship for the Charlevoix seismic zone.

This diagram is somewhat unconventional for seismic risk analysis purposes, in that seismic intensity is shown in the Modified Mercalli (MM) scale; this is more appropriate than Richter magnitudes for portraying the effects of seismic events on both man-made and geological structures. The latter term may be extended to include packages of sediment and other geological features subject to disturbance by seismic events. Such disturbances include linear displacements in both rocks and soils as well as a variety of failures in geological materials such as landslides or liquefaction of fine grained sedimentary deposits.

It may be noted that low magnitude earthquakes may have a recurrence frequency of a few days or weeks whereas those above the damage threshold, which are of greatest interest for risk assessment, occur in the order of years to tens of years. It is obvious that the trend line cannot extend upward forever. A part of the improved risk analysis sought by the MAGNEC program will be to establish a realistic upward projection of the trend line beyond about intensity MM IX which has been recorded, for example, in the Charlevoix area.

In simplest terms, determination of the magnitude of seismic hazard for a region is a function of the record of seismic events of varying magnitude and the time extent of that record. Given an extended record of seismicity, such as might be found in China, plus an adequate knowledge of geological structures that are demonstrably seismically active we would be well placed to define seismic source zones and to provide a reliable assessment of seismic risk. As shown on the horizontal timescale on Figure 2, the total period of recorded seismicity in Canada is about 100 years but the detailed record of seismicity in Eastern Canada spans a very much shorter period of time. This record of seismicity can be extended by analysis of the published record of felt events which serves to extend the seismic record another 100 years or so.

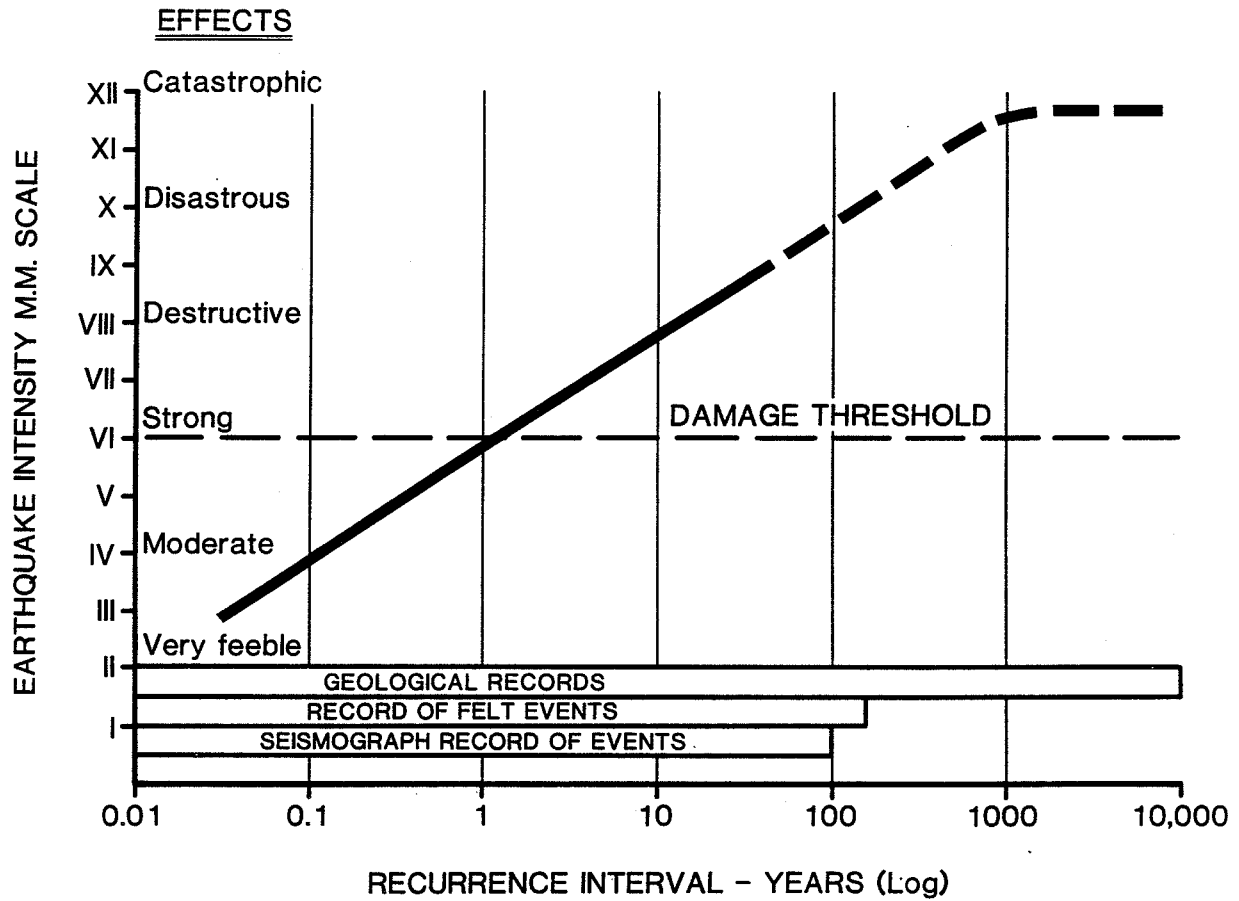


Figure 1.2 The MAGNEC concept; a simplified, diagrammatic illustration of the magnitude-frequency relationship for earthquakes in eastern Canada. MM = Modified Mercalli scale of earthquake intensity.

If one wished to extend the record of seismicity for any region in time there would be but two choices. The first is to be patient and simply wait for events to occur - this will be done anyway but the process cannot be accelerated. Thus, the second option is to search the geological record, which may well contain evidence for previous seismic events. Having found what may be such evidence, one is then faced with the problems of confirming its link with seismicity, estimating the magnitude of the seismic event and determining the timing of that event.

The second part of the acronym is 'N' or Neotectonics. Both bedrock and surficial materials contain features that are indicative of apparently recent geological displacements or neotectonics. One example is the offset of boreholes in a road cut face at Kingsford, Ontario, where boreholes in the upper half of the cut are offset along a horizontal bedding plane from their continuation in the lower part. Another feature, of a fairly common occurrence in quarry floors and outcrops of relatively flat lying sedimentary rock in Southern Ontario is that of pop-ups. One such example is to be found on the north shore of Lake Ontario in Prince Edward County, in an area under active investigation through the MAGNEC Program.

A perhaps even more striking example of displacement is that of step-wise displacement in slates in the St. John area of New Brunswick. Here step-like displacements have disrupted glacial striations thereby testifying to the post-glacial age of the displacements.

In the Ile aux Coudres region of Quebec, clay dykes have been injected into sand which may be attributable to excessive transient pore pressures generated during a seismic event. Another possible manifestation of excess transient pore pressure due to seismicity is provided by a mound of sand, deposited by discharging groundwater in the Charlevoix seismic zone of Quebec.

A further, not uncommon feature in laminated fine grain sediments is that of convoluted structures, as were found in a sand pit near Lanark, Ontario. These deposits are undoubtedly of glacial origin thus their disturbance may be due to the dynamics of a glaciofluvial or glaciolacustrine environment or to collapse following melting of glacial ice; a possible origin due to seismic events must also be considered, however.

The Multi-Agency Group, abbreviated to 'MAG' as the first part of the acronym, comprises geoscientists from federal and provincial government agencies and universities. These include Atomic Energy Control Board, several divisions of the Geological Survey of Canada, Ontario Geological Survey, Ontario Hydro, Ontario Centre for Remote Sensing, Hydro Quebec, Geological Surveys Branch of the New Brunswick Department of Natural Resources and Energy, Nova Scotia Department of Mines and Energy, University of Toronto, Queen's, Laval and University of New Brunswick.

Challenges for MAGNEC

The concept of searching the geological record for evidence of previous seismicity is not new. Similar investigations have been undertaken throughout the United States and are continuing in such higher risk areas of seismicity as California and Canada's west coast.

While the objective of the MAGNEC Program is laudable and its field investigations are to be encouraged, it must be remembered that on the basis of evidence accumulated to date, both in Canada and the United States' east of the Rocky Mountains, no positive relationship has been established between mapped faults and earthquake locations. Further, no unequivocal relationship has been established between geophysical anomalies and earthquake locations, although suggestions of potential correlations have been put forth.

In Eastern Canada the problem of establishing a relationship between a seismically active fault and some form of surface displacement may well be compounded by extensive glacial cover and absence of any surface expression of the geological feature that produced the seismic event.

A further complication arises from the difficulty of trying to determine why stresses appear to concentrate in some areas and not others. Perhaps it is a function of some combination of tectonic, isostatic and residual stress.

Regardless of the problems with which contributors to the MAGNEC Program may be confronted in their field investigations and in the interpretation of their findings, the objective of the MAGNEC Program is clearly worthy of their efforts.

The program will be subject to periodic review and it may well be that at another GAC meeting, either next year or in the years that follow, significant new information will be brought to light. Even if the increments of new information are relatively small it is certain that the data and information collected under this program, if properly documented and integrated by both geologists and geophysicists, will surely lead to new insights into the dynamic geological processes that affect the earth upon which we live and the structures that we chose to build upon or within it.

2. REPORTS OF ACTIVITIES 1987/88



2.1 Canadian Earthquake Database

Earthquakes in eastern Canada are continuing to be located as promptly as possible. When a solution is finalized the data are entered into the Canadian Earthquake Database which is maintained by the Geophysics Division of the Geological Survey of Canada. Data on seismic phases, provisional hypocenters, and magnitudes for eastern Canadian and northeastern U.S. earthquakes are distributed quarterly to operators of the northeast U.S. seismic networks and interested persons in the form of the "ECTIN Bulletin", three months after the end of the quarter. However, data can be requested at any time by contacting the Geophysics Division. A summary of the seismicity in southeastern Canada during 1987 is included elsewhere in this MAGNEC Annual Report.

2.2 Seismotectonics, seismic source zones, and seismic hazard estimates

Work by the staff of the Geological Survey of Canada is continuing on revisions to the historical (pre-1928) and early instrumental (1928-1968) seismicity of southeastern Canada. Historical studies are close to being completed in New Brunswick and Newfoundland, are half finished in Nova Scotia, and have just begun in Quebec. The studies have revealed many errors in the dates of known earthquakes of the 19th century (indeed many supposed earthquakes were not earthquakes and must now be removed from the catalogue), and many new (but small) earthquakes. These studies are designed to establish the regional level of seismicity over a longer time-base than the instrumental record and exclude the chance that large earthquakes have been overlooked. "Early-instrumental" studies involve the re-examination of old seismograph records and relocation of the earthquakes. Reports are in the final stages of completion for the Labrador Sea, the southeastern continental margin, the Lower St. Lawrence, and Timiskaming areas. They show that many of the source zones are smaller and more tightly bounded than were described in the 1982 seismic zoning report used for the preparation of the 1985 National Building Code of Canada.

Based on the above results, and the modern monitoring of microseismicity, a new seismotectonic zoning for eastern Canada is being prepared. This new scheme will include the traditional aspects of source zones around the highly active clusters of seismicity, but will also include the Paleozoic/Mesozoic rift framework described in the abstract by Adams and Basham in this report.

2.3 Geological Survey of Canada Research Related to Specific Sites

Charlevoix, Quebec The first full operating year of a new six-station digital 3-component network produced a large amount of data, partly because of an unusually large number of moderate earthquakes. Three new focal mechanisms were determined and others are pending. Shear-wave splitting studies to determine crack orientation and the acting stresses have been successful for some of the smaller earthquakes. Future analysis will lead to an improved model of crustal structure of the south shore sedimentary wedge (from converted seismic phases) and hence better epicentre determinations. Research on the paleoseismicity of the Charlevoix Lakes is being done by R. Dorg. McGill University is being supported by Geophysics Division, Geological Survey of Canada.

Prince Edward County The Geophysics Division is continuing the seismicity monitoring at Welcome (near Port Hope, Ontario) with support from Ontario Hydro, and has determined a preliminary focal mechanism for the July 1987 Lake Ontario earthquake. Discussions have been held with Ontario Hydro, and Geophysics Division has been asked for advice on how to install a telemetered digital network in the Holden Horseshoe. Cooperation with the Queen's University seismograph station is continuing and will be increased in the future as they have improved their timing problems.

Western Quebec A study of seismicity near the 1935 Timiskaming earthquake suggests the Ottawa Valley rift faults are seismically active. All the Timiskaming earthquakes have occurred in a zone, 50 km long by 10 km wide, which trends northwest, parallel to the rift faults, and they appear to have focal mechanisms consistent with thrust faulting on northwest-striking faults. Elsewhere, routine determination of epicenters and of focal mechanisms for some of the larger events is continuing and a study of historical seismicity in Quebec by P. Govin, (College Jean-de-Brebeuf) is being supported by Geophysics Division, Geological Survey of Canada.

Passamaquoddy Bay, New Brunswick The Geophysics Division set objectives for, and partially funded, a cruise in the Passamaquoddy Bay and Pt. Lepreau areas in June 1988 by Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada. K. Burke of University of New Brunswick assisted Gordon Fader (AGC/GSC) on the cruise. Side-scan sonar and high-resolution deep-tow reflection gear was used to search for bottom and sub-bottom faulting in Passamaquoddy Bay, but none was found. However, an area of pock-marks, and a "plumose" structure were found. K. Burke, (University of New Brunswick) is working on a bedrock structural map for seismicity assessment of southwestern New Brunswick with support from Geophysics Division, Geological Survey of Canada.

2.4 Investigation and Documentation of the Neotectonic Record of Prince Edward County, Ontario

This study, sponsored by the Geological Survey of Canada with Technical support from the Ontario Geological Survey and financial support from the Atomic Energy Control Board, was contracted to Mr. G.A. Gorrell of Oxford Mills, Ontario. The work was carried out in the southern portion of Prince Edward County where a variety of features of possible neotectonic significance were identified from aerial photographs and ground traverses. However, the present morphology is not necessarily due solely to neotectonics. Other contributing processes include karst activity, and glacial and post-glacial processes. The contractor's report and maps is expected to be released as a Geological Survey of Canada Open File Report in early 1989.

2.5 Shallow Drilling Program, Prince Edward County, Ontario

The Ontario Geological Survey, and the Geological Survey of Canada collaborated on a shallow drilling program which was carried out in the late winter of 1988 to obtain stratigraphic information and core samples at the site of a pop-up near Gull Pond, Prince Edward County. Two boreholes were drilled and logged and the core samples recovered have been deposited at the Ontario Ministry of Natural Resources Core Storage Facility, Tweed, Ontario. Arrangements can be made to view the core by contacting Mr. Dave Williams at the Tweed Office (613-478-2330). The drilling was undertaken by Groundation Engineering Contractors Incorporated, Brampton, Ontario, with financial support provided by Atomic Energy Control Board of Canada.

2.6 Sonar Surveys of Lakes in Quebec

Sonar surveys were carried out by the Geological Survey of Canada to determine if any disturbed sediments indicative of historic or prehistoric earthquake damage, could be found. In Lac Temiscouata, located in a supposedly seismically benign transverse valley through the Appalachians, signs of major earthquake disturbances were found, possibly indicating disruptions by several events. Major early postglacial rockslides were found beside the Madawaska River in the same valley. A report on these findings was presented at the annual meeting of the Geological Association of Canada in May 1988.

2.7 Neotectonics in the Maritime Provinces

This study involved a compilation and consolidation of information on known, suspected or inferred neotectonic conditions and phenomena in the Canadian Maritime Provinces. The information was derived from more than 300 references, which includes published and unpublished documents and personal interviews. A report entitled Neotectonics in the maritime Provinces was prepared by Gwen Martin of Language Unlimited, Harvey, New Brunswick and is available through the offices of Atomic Energy Control Board. Its reference number is AECEB INFO-0265 or MAGNEC Contribution 88-01. (An abstract appears in Chapter 5 of this report.)

2.8 Seismic Relocations in Eastern Ontario

As the result of evaluating and analyzing the locations of quarry blasts, some of which indicated sources in Lake Ontario, it was decided that the locations of natural seismic events should also be analyzed. A multi-year project was begun to evaluate and, where necessary, redetermine the locations of seismic events in eastern Ontario and adjacent western Quebec. A preliminary interpretation of the re-analyzed seismicity pattern shows that earthquakes equal to, or greater than, M3.0 tend to define an alignment which may be, in turn, fault controlled. The work was done by Arsalan Mohajer, under contract to the Atomic Energy Control Board and Ontario Hydro, and a report entitled Reappraisal of the Seismotectonics of Southern Ontario, MAGNEC Contribution 87-01, was prepared and released. Additional copies will be available shortly through the offices of the Atomic Energy Control Board. (An abstract appears in Chapter 5 of this report). The second phase of the work, sponsored by the Atomic Energy Control Board, is currently underway.

2.9 Stress Measurements in the Roblindale Quarry

Four years of stress measurements, undertaken by Duncan McKay and Bruce Williams in the Roblindale Quarry in eastern Ontario, have been completed. Stresses were recorded from different depths and from two different rock types: the Gull River Limestone and gneissic granite of the Grenville Province. When assembled in the forthcoming reports the results will provide one of the best and most thoroughly documented data sets on overcore stress measurements from a single site in eastern Canada, if not eastern North America.

The quarry in which the measurements were made actually served as a field laboratory wherein it was possible to compare stress data orientations with the orientations of pop-ups, or quarry floor buckles. The results of some of the work have already been published in reports entitled Roblindale Quarry Stress Measurements Preliminary Evaluation-Phase 1 which are available from the Civil Research Division of Ontario Hydro. Partial funding for the entire stress measurement program was furnished by the Atomic Energy Control Board.

3. PROGRAM 1988/89



In moving toward fulfilling the objective of MAGNEC, the 1988/89 program consists of the following projects:

Maritime Provinces

1. Documentation of deformational structures in unconsolidated, Quaternary sediments in southwestern New Brunswick. The initial purpose is to provide a data base on deformation in young geologic materials and the ultimate purpose is to try to determine which, if any, deformation features are related to current fault movements and seismic activity.
2. Documentation of deformational structures in unconsolidated, Quaternary sediments along the north shore of the Minas Basin in Nova Scotia. The reasons are the same as those given for southern New Brunswick.
3. Deployment of a ship in Passamaquoddy Bay, southwestern New Brunswick, equipped with side-scan sonar and deep-tow seismic reflection equipment, to attempt to determine if there is postglacial faulting, and magnetic equipment to detect, if possible, any displacement in dykes of probable Tri-Jurassic age (240 to 140 million years ago).
4. Continued structural mapping, both on land and beneath Passamaquoddy Bay, to determine whether or not diabase dykes have been displaced, at least laterally, across the Oak Bay Fault or across other structures in the Passamaquoddy Bay area.
5. Interviewing of eye witnesses to the tsunami, caused by the 1929 Grand Banks earthquake. These data may permit a re-evaluation of the location and magnitude of the 1929 earthquake.

Charlevoix Region, Quebec

1. Continued investigation and interpretation of geological expressions of earthquake activity in the Charlevoix, Quebec, seismic zone.
2. Acquisition of C-band (5 cm wavelength) airborne radar coverage of the Charlevoix area, at a scale of 1:20,000.
3. Continued work on peaty, lake sediment cores, wherein silt signatures may be correlated with seismic events.
4. Assessment of whether or not contemporary seismic activity is occurring at a faster, similar or slower rate to activity in the past.

Southern Ontario & Western Quebec

1. Continued geological and geophysical investigations and evaluations of faults, pop-ups, open fractures, displaced and striated bedrock surfaces, and bedrock deformation in Prince Edward County, Ontario. Large-scale faults, including the extension of the presumably seismically active Clarendon-Linden Fault in New York State, have been identified in Prince Edward County. In addition pop-ups, which are generally considered to be indicators of contemporary, high horizontal stresses, and small, vertical displacements of glacially-striated surfaces, suspected of being small-scale, recent faults, have been recognized. Open fractures, which are not uncommon, may also result from the present day stress field, although other mechanisms are possible.

2. Re-assessment of the locations of historic (pre-instrumented) earthquakes in western Quebec, eastern Ontario and on the Niagara Peninsula. Knowledge of the precise locations of earthquakes is important in trying to identify active faults which may be responsible for generating earthquakes.
3. Estimation of seismic hazard estimates incorporating, among other things, an analysis of the 1985 Nahanni (Northwest Territories) earthquakes, and assessment of how a similar event in the east might impact upon eastern Canadian engineering facilities.
4. Deployment of side-scan sonar as part of an offshore environmental monitoring program in Lake Ontario.
5. Establishment of a seismic monitoring system at the University of Waterloo field station, Prince Edward County, in order to determine, as precisely as possible, the location of any small-scale seismic activity.
6. Compilation of a satellite lineament map, at a scale of 1:1,000,000, for all of southern Ontario in order to identify faults and fractures across the province. Some of these may have characteristics suggestive of neotectonic activity, in which case they may be singled out for more detailed field study.
7. Continued negotiation with the RADARSAT Office concerning the possibility of airborne radar mapping of all of southern Ontario.

Co-operation with American Organizations

In addition to the aforementioned projects, MAGNEC is establishing co-operative relationships with American organizations to address the question of seismic hazard estimates. Arrangements are being made for a trade of the C-band radar data (5 cm wavelength), obtained by the OCRS over Prince Edward County, Ontario, for X-band data (3 cm wavelength—finer resolution) which are expected to be obtained by the USGS National Mapping Service over northern New York State and Prince Edward County in the fall of 1988. Prince Edward County is being used as a test site in order to compare the attributes and deficiencies of each band.

The OCRS is currently developing programs for the evaluation of airborne C-band radar, which is the prototype for a future NASA SIR-C (Shuttle Imaging Radar-C band) mission. These arrangements are developing through a proposed international remote sensing evaluation panel, forming under the Canadian Continental Drilling Program - Southern Ontario Algonquin Arch Transect Proposal, to provide opinion for the location of proposed deep drillholes. This panel currently includes Vern Singhroy and Frank Kenney (OCRS), John Jones (USGS-Reston, Virginia, USA), Dorothy Tepper (USGS-Ithaca, New York, USA) and John Bowlby (OH) as members. The purpose is to provide a comparative evaluation of the two radar bands for detection of geological features at the two scales (>/< 1 m) that are observed in Prince Edward County.

Work is being undertaken by staff of the Lamont-Doherty Geological Observatory of Palisades, New York to continue to document liquefaction features associated with earthquake activity in Newbury Port, Massachusetts and to commence similar work near Massena, New York, the site of the 1944 Cornwall-Massena earthquake. It is hoped that a collaborative effort may be

initiated by having a Canadian contingent search for and, if found, document and interpret liquefaction features in the vicinity of Cornwall, Ontario.

Hydrogeologic investigations are being conducted by the USGS in the Niagara area of New York State where very little exposure of bedrock, except that afforded by quarries, is available. An examination of the fracture patterns in Prince Edward County, Ontario has proved to be helpful, since the predominant means of groundwater flow in the sedimentary rocks of western New York is through fractures. In return, Canadian geoscientists were invited to visit quarries in western New York State, where excellent examples of pop-ups are exposed. Data from some of these structures have already been recorded and added to MAGNEC's information base on geologically young structures. Further work is planned.

The National Centre for Earthquake Engineering Research (NCEER) in Buffalo, New York employs a data base which contains information relevant to seismicity, be it in the areas of earthquake engineering or estimating seismic hazard. The intent is to improve the general availability of information which is not published in widely circulated reports and journals, but appears in more obscure documents such as this annual report. Arrangements have been made for the salient information in each of the short reports to be incorporated into the NCEER data base.

For information on NCEER, contact:

National Centre for Earthquake Engineering Research
(Information Service)
Science and Engineering Library
342 Capen Hall
SUNY at Buffalo
Buffalo, N.Y. 14260
U.S.A.
Attention Patricia A. Coty
(Information Specialist)

Telephone: 716 - 636-3377
Telefax: 716 - 636-3379

PARTICIPATING AGENCIES IN 1988

Federal Government

Atomic Energy Control Board (AECB)
Ottawa, Ontario

Geological Survey of Canada (GSC)
Ottawa, Ontario

Province of New Brunswick

New Brunswick, Department of Natural Resources (NBDNR)
Fredericton, New Brunswick

Province of Nova Scotia

Nova Scotia Department of Mines and Energy (NSDME)
Halifax, Nova Scotia

Province of Ontario

Ontario Centre for Remote Sensing (OCRS)
North York, Ontario

Ontario Geological Survey (OGS)
Toronto, Ontario

Ontario Hydro (OH)
Toronto, Ontario

Universities

Memorial University (MU)
St. John's, Newfoundland

Queen's University (QU)
Kingston, Ontario

Université Laval (UL)
Quebec City, Quebec

University of New Brunswick (UNB)
Fredericton, New Brunswick

Independent Consultants

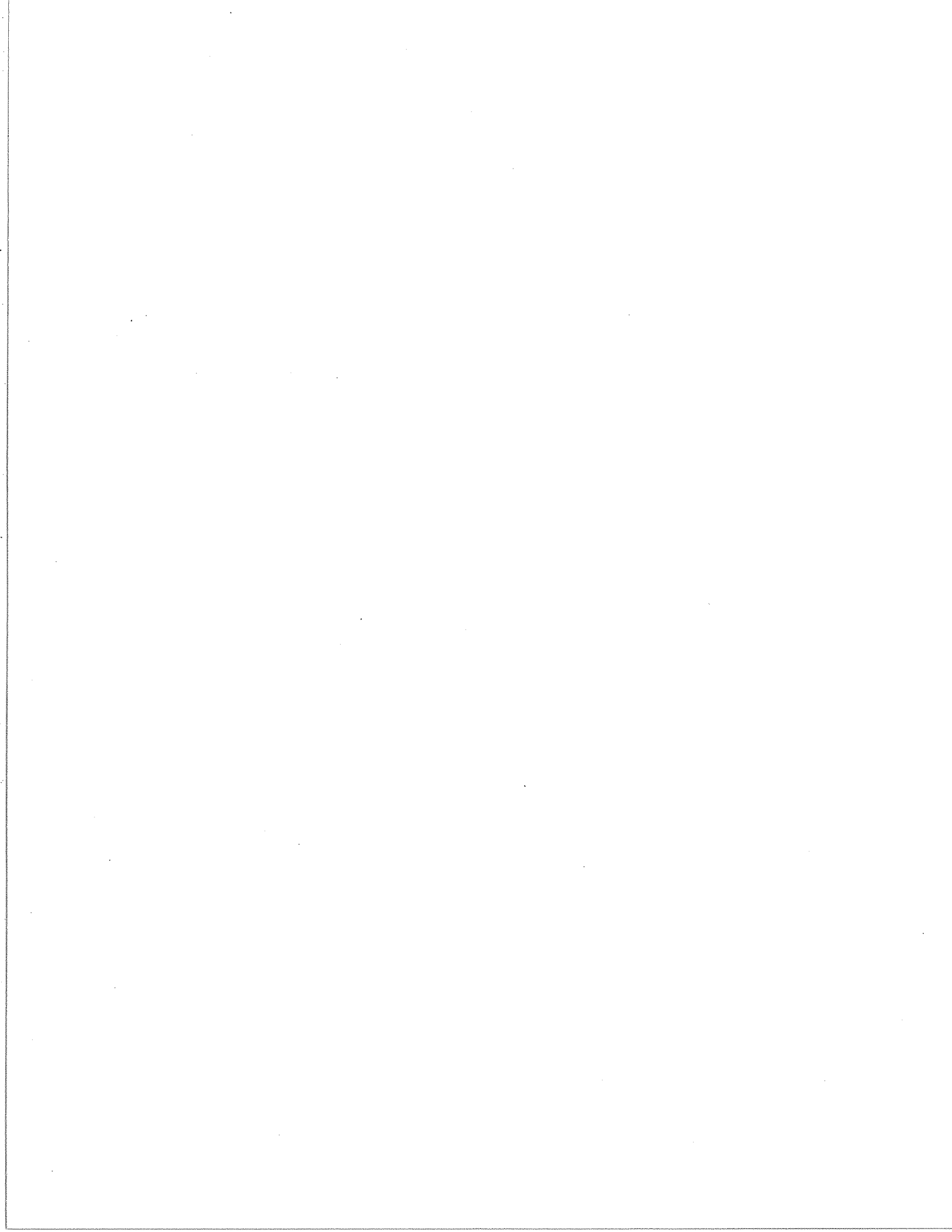
Seismic Consulting Services (SCS)
North York, Ontario

American Agencies

Lamont-Doherty Geological Observatory (LDGO)
Palisades, New York

United States Geological Survey (USGS)
Reston, Virginia and Ithaca, New York

4. DETAILED ABSTRACTS



4.1 CRUSTAL STRESSES IN EASTERN CANADA

Adams, J.
Geological Survey of Canada

Canada east of the Cordillera is being compressed along the northeast-southwest azimuth, and represents an extensive and relatively uniform stress province (which also includes the eastern and midcontinental United States), likely dominated by the forces driving the tectonic plates (Figure 4.1.1). Deglaciation severely stressed the North American plate about 10,000 years ago. Postglacial near-surface stresses were dominated by the radial flexural stresses induced near the ice margin; these were often orthogonal to the contemporary regional stresses which replaced them as the transient postglacial stresses waned. That the paleostresses no longer dominate the direction of the stress field in the southeast suggests that residual, glaciation-induced stresses make only a small contribution to the contemporary stress field.

Within the Mid-plate stress province there are stress anomalies in the basement rocks which imply that local conditions can significantly modify the regional field. Shallow (above 9 km) earthquake P-axes are in the northeast quadrant ($065^{\circ} \pm 025^{\circ}$), but deeper mechanisms appear to have no consistent P-axis orientation. Other types of stress measurement (all from depths < 5 km) confirm the uniform trend of the shallow P-axes, suggesting the deeper earthquakes have anomalous P-axis variability and may be occurring in a nearly isotropic stress field. Understanding the stress field is fundamental to the study of seismotectonics and hence valuable for improving seismic hazard assessment.

References

Adams, J.

1987: Canadian Crustal stress data — a compilation to 1987; Geological Survey of Canada, Open File Report 1622, 130pp.

in press: Crustal stresses in eastern Canada; in *Earthquakes at North Atlantic Passive Margins: Neotectonics and Postglacial Rebound*, ed. S. Gregersen and P.W. Basham, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

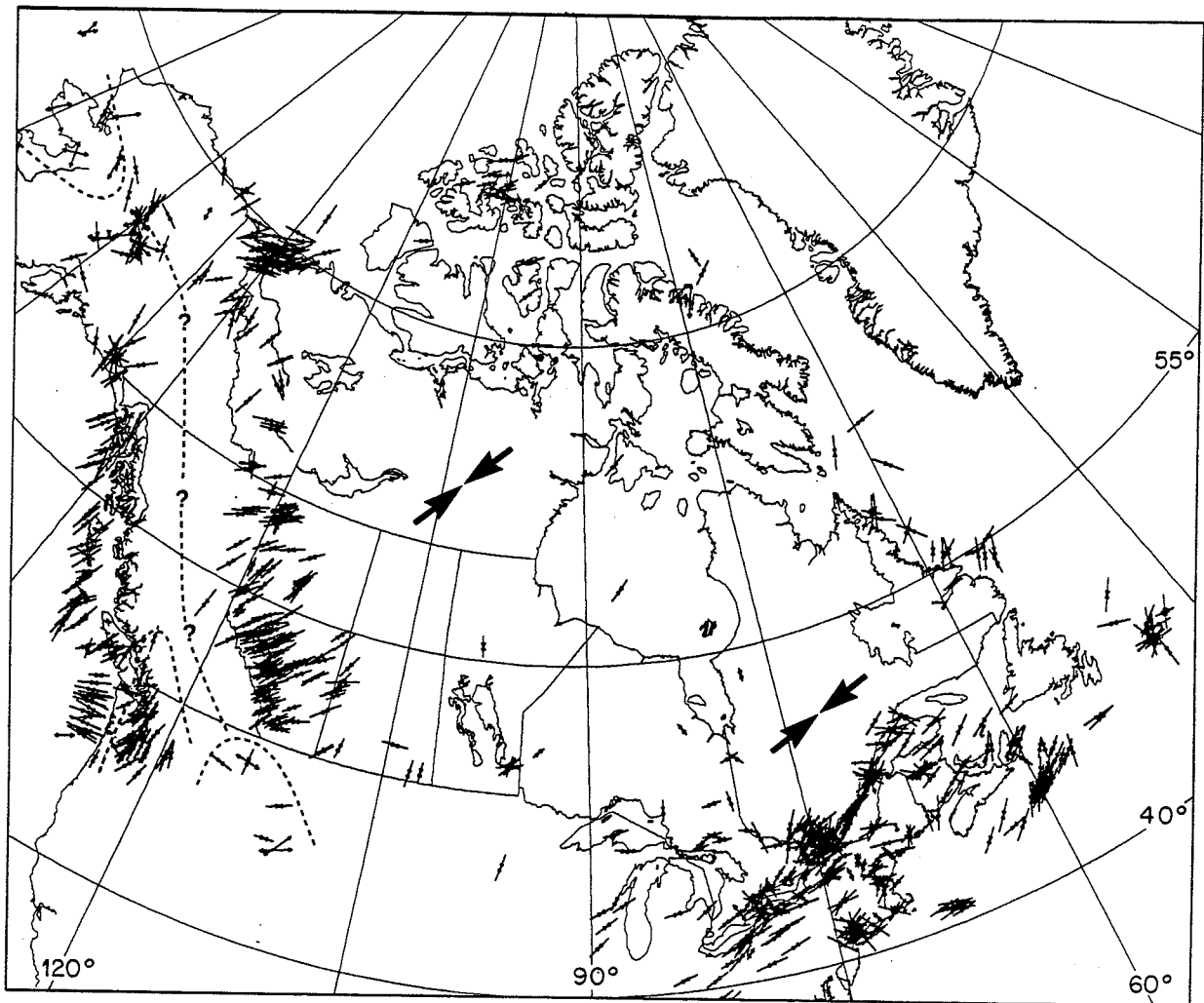


Figure 4.1.1 Stress map of Canada showing all data believed to relate to the contemporary field. Bar length is proportional to data quality, with inward-pointing arrows showing the direction of maximum horizontal compression, and outward-pointing arrows the minimum horizontal compression or deviatoric extension direction (After Adams, 1987, modified by additional data). Dashed lines indicate approximate boundaries of stress provinces for the northern part of North America, and pairs of large arrows show the regional trend in the Mid-plate stress province. (from Adams, in press).

4.2 SEISMICITY AND SEISMOTECTONICS OF THE LABRADOR SEA AND LABRADOR, AND ITS RELATION TO THE SEISMOGENIC RIFT STRUCTURES OF EASTERN CANADA

Adams, J.,¹ Anglin, F.M., Basham, P.W.
Geological Survey of Canada

Six earthquakes of magnitude 5.0 to 5.6 have occurred in the Labrador Sea since 1934. Older earthquakes were felt in fishing villages along the Labrador coast as early as 1809, but because no small earthquakes have been located on land in Labrador, these older events likely occurred offshore, and may have been quite large.

The Labrador Sea is a product of seafloor spreading, and Srivastava and Tapscott (1986) have mapped the central ridge and associated fracture zones using geophysical methods. Our joint epicentre determination shows nearby earthquakes to lie along the extinct central ridge and the associated fracture zones. A separate trend of seismicity occurs along the Labrador continental margin; we associate it with Mesozoic rift faults formed during the opening of the Atlantic. The most recent moderate earthquake was Mb 4.7 at 57.22°N, 59.61°W (Nain Bank) on 86/04/20. It yields a well-constrained thrust/strike-slip P-nodal mechanism (strike 186°, dip 56°, rake 19°) representing compression from the southeast, i.e. along the margin and not perpendicular to it, and so differs from the regional stress field, which is dominated by compression from the northeast or east.

A trend of earthquakes which extends from Sept-Iles, across easternmost Quebec and southern Labrador, towards Sandwich Bay may lie along a strike-slip extension (Gower *et al.*, 1986) of the Paleozoic St. Lawrence Rift system. Elsewhere in eastern Canada, most large earthquakes have occurred near these Paleozoic or younger rift systems that surround or break the integrity of the North American craton, i.e. places where the continent has been most recently weakened. In this context, the Labrador margin, and the trend across southern Labrador, may have the potential for large earthquakes.

References

- Gower, C.F., Erdmer, P., and Wardle, R.J.
1986: The Double Mer Formation and the Lake Melville rift system, eastern Labrador; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 23, p. 359-368.
- Simmons, D.G., and Adams, J.
1988: Relocation of earthquakes in the Labrador Sea and Southern Labrador; Geological Survey of Canada Open File (in press).
- Srivastava, S.P., and Tapscott, C.R.
1986: Plate kinematics of the North Atlantic; in *The Western North Atlantic Region*, Vogt, P.R., and Tucholke, E.B. (ed.), Geological Society of America, *The Geology of North America*, v. M, p. 379-404.

¹ Adams acknowledges the cooperation and student, David Simmons, and a GSC open-file will be released later this year.

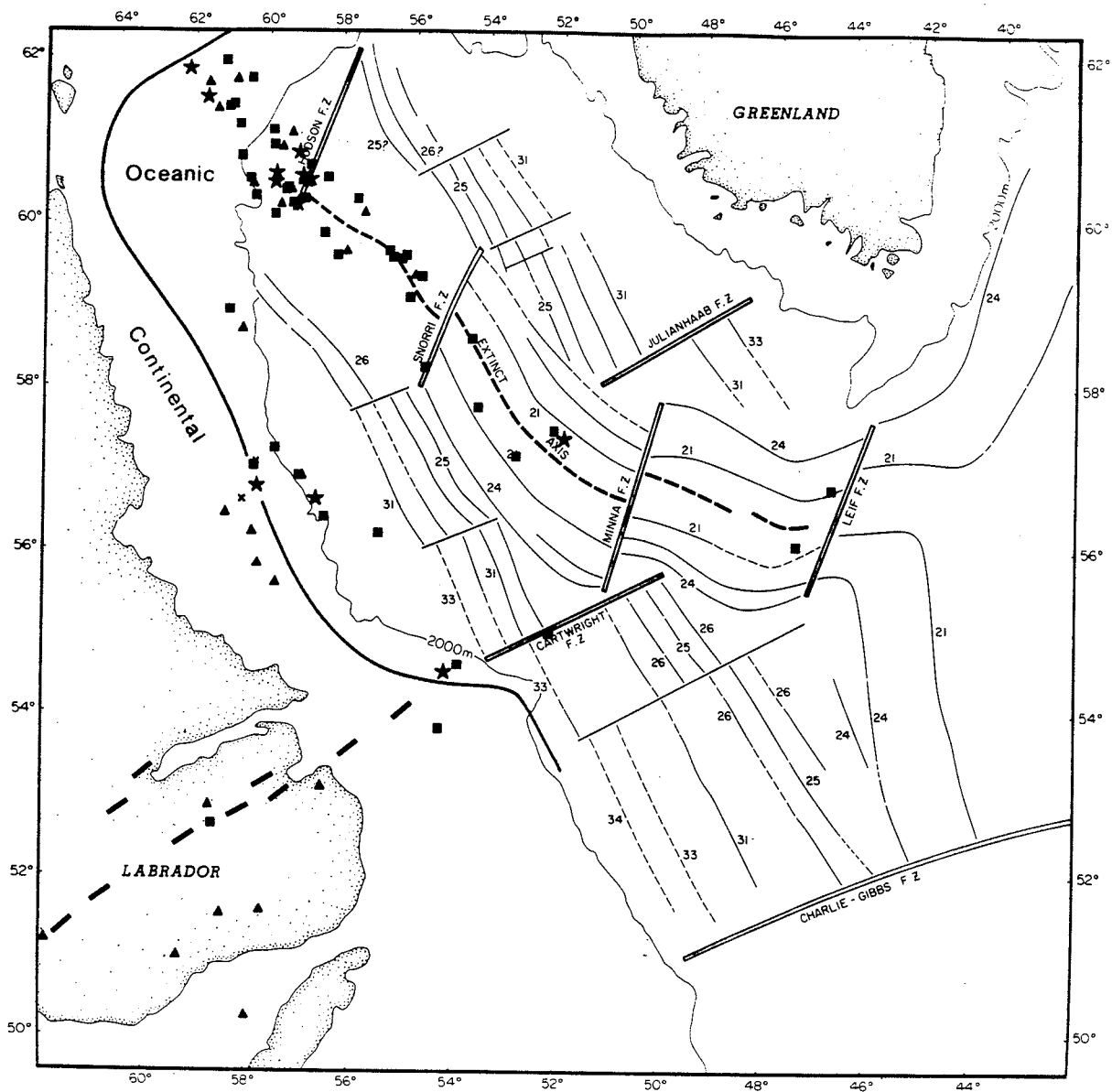


Figure 4.2.1 Seismicity of the Labrador Sea showing relation of earthquakes to the extinct spreading ridge and transform faults (as taken from Srivastava and Tapscott, 1986), to the boundary between continental and oceanic crust, and to a zone of crustal weakness that extends across Southern Labrador (Simmons and Adams, 1988).

4.3 SEISMICITY AND SEISMOTECTONICS OF CANADA'S EASTERN MARGIN AND CRATON

Adams, J., Basham, P.W.
Geological Survey of Canada

Eastern Canada - Canada east of the Cordillera, and extending north from the United States border to the Arctic Ocean - comprises about two-thirds of the stable craton of the North American plate. Much of this large area appears to be substantially aseismic, however it contains several zones of intense seismicity, notably along the eastern continental margin and in distinct clusters within the craton.

Along the eastern margin of the continent (North Atlantic Ocean, Labrador Sea, Baffin Bay), the seismicity includes the 1929 M7.2 Grand Banks and 1933 M7.3 Baffin Bay earthquakes. These and smaller earthquakes appear to be concentrated at the ocean-continent transition, perhaps by reactivation of the Mesozoic rift faults created when the North Atlantic was formed. In the Labrador Sea, earthquakes also occur on the extinct spreading ridge and its associated transform faults.

Within the southern part of the craton region, seismicity is clustered in five zones. In three of these zones - Ottawa River, Charlevoix, and the Lower St. Lawrence - most of the earthquakes are occurring at depths of 5 to 25 km within the Grenville basement, apparently chiefly through reactivation of a Paleozoic rift fault system along the St. Lawrence and Ottawa rivers. An early Cretaceous hot-spot trace may be the cause of the fourth trend of seismicity, north of the Ottawa River in western Quebec. The fifth zone, the northern Appalachians, includes the Miramichi earthquakes of 1982, which represent shallow thrust faulting in a sheet of rocks that have been thrust over the older basement.

In the northern craton, earthquakes occur on Baffin Island, along an arcuate band between the Boothia and the Ungava peninsulas, and in the Sverdrup Basin. The Baffin and Boothia-Ungava earthquakes are spatially associated with Cretaceous normal faults, but also with steep gradients in the postglacial uplift rate, suggesting that they may represent differential uplift localized on pre-existing faults. The Sverdrup earthquakes represent deformation beneath a thick accumulation of sediments.

Almost all the earthquakes in eastern Canada appear to be occurring within a regional stress field dominated by northeast to east compression, and most large earthquakes have occurred near Paleozoic or younger rift structures that surround or break the integrity of the North American Craton.

References

Adams, J. and Basham, P.W.

in press: seismicity and seismotectonics of Canada's eastern margin and craton; in *Earthquakes at North Atlantic Passive Margins: Neotectonics and Postglacial Rebound*, ed. S. Gregersen and P.W. Basham, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

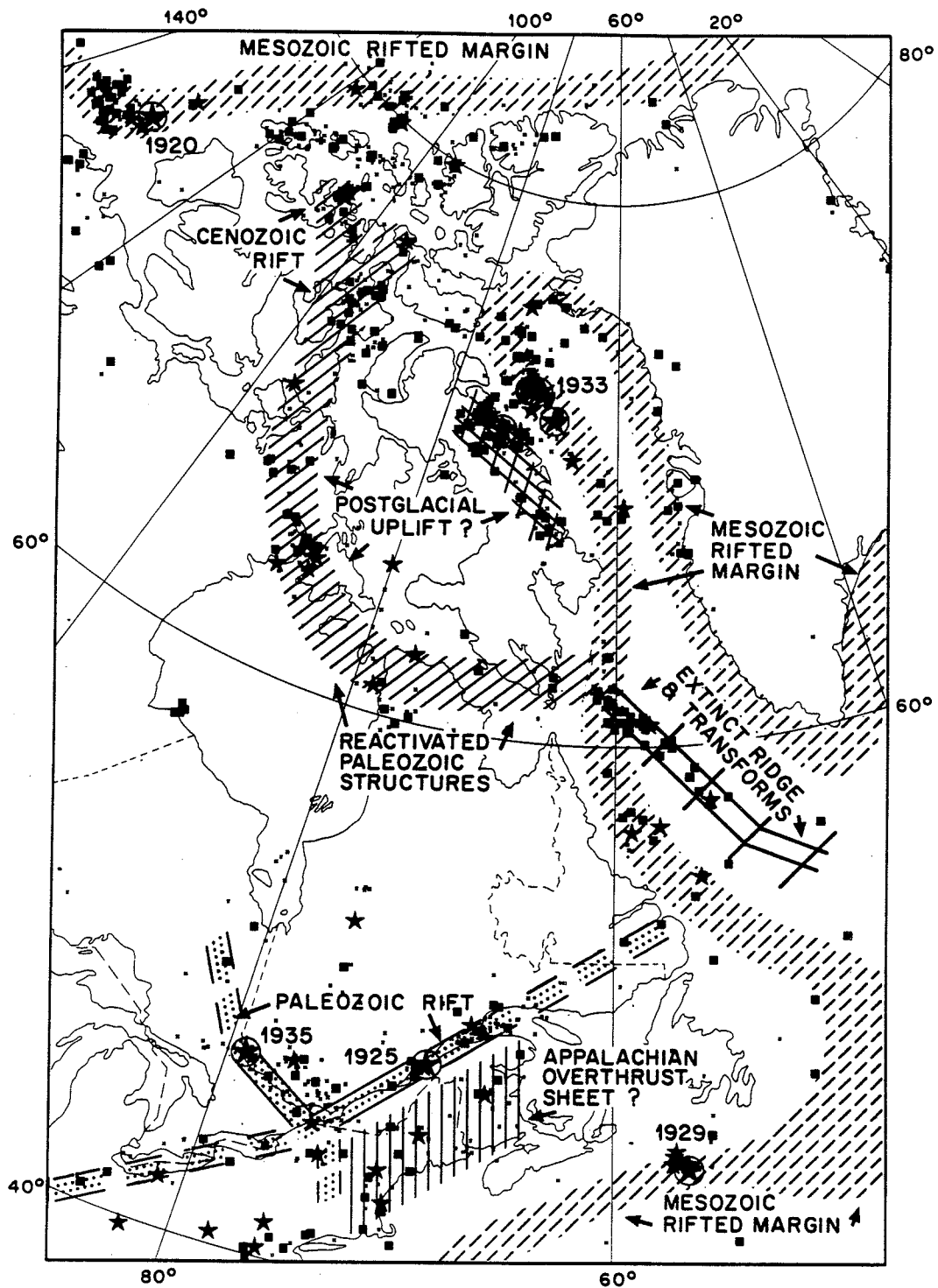


Figure 4.3.1 Earthquakes of eastern Canada ($M > 3$ since 1970; $M > 4$ since 1960; $M > 5$ since 1940; $M > 6$ since 1900) together with an interpretative framework for the cause of the seismicity. (from Adams and Basham, in press).

4.4. NEW FOCAL MECHANISMS FOR SOUTHEASTERN CANADIAN EARTHQUAKES

Adams, J., Sharp, J.,¹ Stagg, M.C.
Geological Survey of Canada

Using P-wave polarities, Sv/P amplitude ratios, and the Program FOCMEC, we have determined the focal mechanisms of 21 recent earthquakes in southeastern Canada. These mechanisms provide some of the first information on crustal stresses and seismotectonics of the Lower St. Lawrence seismic zone and have enhanced our understanding of why earthquakes happen in the rest of southeastern Canada.

References

Adams, J., Sharp, J. and Stagg, M.

1988: New focal mechanisms for southeastern Canadian earthquakes; Geological Survey of Canada, Open File Report 1892, 109 pp.

Basham, P.W., Weichert, D.H., Anglin, F.M., and Berry, M.J.

1982: New probabilistic strong seismic ground motion maps of Canada: a compilation of earthquake source zones, methods and results; Energy Mines and Resources Canada, Earth Physics Branch, Open File Report 82-33, 202 pp.

¹ also: Engineering Cooperative Student Faculty of Engineering,
Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland.

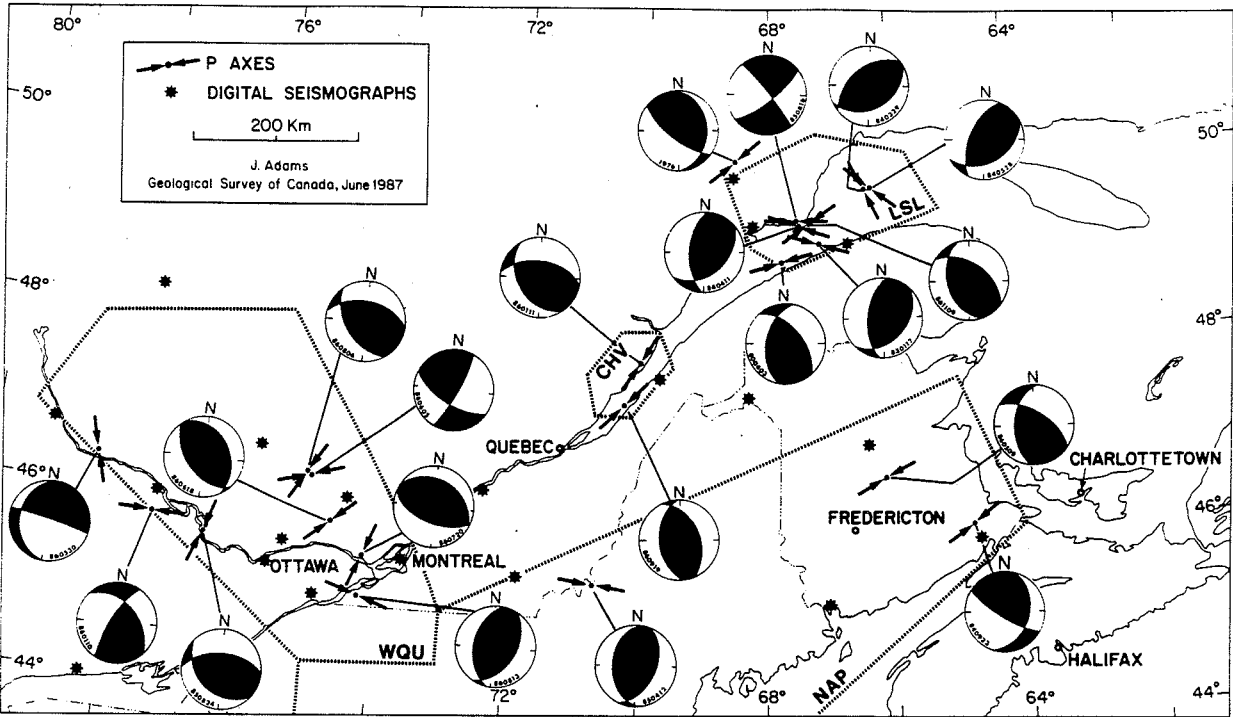


Figure 4.4.4 New focal mechanisms for southeastern Canada. Shown are equal-area lower-hemisphere projections of the focal mechanism with compressional quadrants shaded. Pairs of inward-pointing arrows represent the direction of maximum horizontal compression taken from the earthquake P-axes. Dotted lines enclose the seismic zones of Basham et al. (1982). (from Adams et al., 1988).

4.5 INVESTIGATION OF HISTORICAL SEISMICITY IN SOUTHWESTERN NEW BRUNSWICK

Burke, K., Comeau, R., Slauenwhite, S., Biddiscombe, P.
University of New Brunswick

The objective of this investigation was to improve the understanding of seismicity in southwestern New Brunswick by scanning historical records for previously unlisted earthquakes and checking the database of previously known earthquakes for the region.

The historical seismicity record for the Passamaquoddy Bay region during the period 1811 to 1961 has been investigated under two contracts with the Geophysics Division of the Geological Survey of Canada (Burke et al., 1987 and Burke and Comeau, 1988). Three newspapers:

New Brunswick Courier	1811 - 1865
St. Andrews Standard	1833 - 1865
St. Croix Courier	1865 - 1961

were scanned for references to earthquakes and related phenomena in southwestern New Brunswick. Ten previously unlisted seismic events from the Passamaquoddy Bay region were found in this way. Microfilms of newspapers published just after the dates of these events and the dates of previously listed earthquakes in the Passamaquoddy Bay region were then searched for all references to the effects of these earthquakes.

Felt earthquakes occurred in the Passamaquoddy Bay region in every decade of the period covered, 1811 to 1961, except for the 1840's, supporting the idea of this being an area of enhanced seismicity. Three earthquakes with felt area magnitude estimates of 4.5 to 5, 5.7 and 5.9 occurred in 1817, 1869 and 1904 respectively (Leblanc and Burke, 1985), with some evidence of an increase in the numbers of earthquakes in the decades preceding the 1869 and 1904 events. Evidence was also found for significant changes to present listings of earthquakes, locations, times and magnitudes in the Canadian Earthquake Epicentre File (CEEF).

References

Burke, K., Slauenwhite, S., and Biddiscombe, P.

1987: Historical seismicity of the Passamaquoddy Bay region of New Brunswick for the period 1811 to 1900; Contract Report 23233-6-3421/01-ST, Department of Supply and Services, Ottawa, 93 p.

Burke, K. and Comeau, R.

1988: Historical seismicity of the Passamaquoddy Bay region of New Brunswick for the period 1900 to 1961; Contract Report 23233-7-3720/01-SZ, Department of Supply and Services, Ottawa, in preparation.

Leblanc, G. and Burke, K.

1985: Re-evaluation of the 1817, 1855, 1869 and 1904 earthquakes in the Maine-New Brunswick region; Earthquake Notes, 56, pp. 107-123.

4.6 INVESTIGATION OF POTENTIALLY NEOTECTONIC FEATURES IN SOUTHWESTERN NEW BRUNSWICK

Burke, K., Stringer, P.
University of New Brunswick

The objective of this investigation is to provide a better understanding of the structural framework of southwestern New Brunswick by mapping a Lower Jurassic dyke system and its fault-related offsets in the Passamaquoddy Bay region and to identify those faults that may be associated with earthquake activity in the region.

Passamaquoddy Bay is a region of enhanced seismicity, where at least three >5 magnitude earthquakes are believed to have occurred in the last 170 years (Leblanc and Burke, 1985) and where there is a moderate level of earthquake activity recorded on present day seismograph networks. It is therefore important to provide a structural framework of the bedrock geology in the region and to identify faults that may be giving rise to the earthquake activity.

The two prominent sets of faults in southern New Brunswick have NE and NNW trends (Leger and Williams, 1986). The NE trending set of faults show mainly ductile dextral transcurrent deformation during the Acadian Orogeny (Devonian), followed by brittle movements in the Carboniferous, varying from dextral and sinistral transcurrent to high angle reverse and normal faulting. NE trending thrust faults associated with the Variscan Orogeny have also been mapped along the shores of the Bay of Fundy (Rast and Grant, 1973). NNW trending faults are associated with brittle deformation and show both dextral and sinistral movements (Leger and Williams, 1986).

Faults belonging to both NE and NNW trending sets are found in the Passamaquoddy Bay region. The NE trending Belle Isle, Beaver Harbour, Letange Harbour, Back Bay, Perry and St. George Faults form a major fault zone in the southeast part of the region, while the NNW trending Oak Bay Fault is a dominant structural feature along the west side of Passamaquoddy Bay (Gates, 1984). This latter fault has been mentioned as a possible candidate for recent seismic activity by several workers (eg. Rast *et al.*, 1979; Barosh, 1981). However, a Lower Jurassic dyke crossing the trace of the Oak Bay Fault without apparent displacement was identified by Stringer and Burke (1985), although the dyke was offset by other northwest trending faults.

Magnetometer and magnetic gradiometer traverses have been completed over known or projected positions of the Lower Jurassic dyke in the Passamaquoddy Bay region. The magnetic profiles were used to trace the positions of the dyke between coastal exposures on a series of heavily wooded peninsulas. A station spacing of 2 m was used and 50 m was the normal line spacing for the inland traverses. Interpretation of the magnetic data shows that the dyke is offset by northwest trending faults on Orrs Head and Mill Cove, but is not offset by the northwest trending Oak Bay Fault. An offset of a few metres has been mapped in a coastal exposure of the dyke on the eastern side of Holts Point.

Known locations of glacial striae along coastal outcrops around Passamaquoddy Bay have been checked for post-glacial displacements, but none found. No displacements of glacial deposits have been noted along the traces of any of the mapped northwest trending faults. Thus, although some of the faults have been active after the emplacement of the Lower Jurassic dyke, neotectonic movements associated with the recent seismicity in the region have not yet been established on the faults.

References

Barosh, P.

1981: Seismicity and tectonics of the Passamaquoddy Bay area, Maine and New Brunswick; Abstracts with programs of NE Section, 16th Annual Meeting, Geological Society of America, Vol. 13, p. 3.

Gates, O.

1984: The geology of the Passamaquoddy Bay area, Maine and New Brunswick; Open File No. 84-10, Maine Geological Survey, 22 p.

Leblanc, G. and Burke, K.

1985: Re-evaluation of the 1817, 1855, 1869 and 1904 earthquakes in the Maine-New Brunswick region; Earthquake Notes, 56, pp. 107-123.

Leger, A. and Williams, P.

1986: Transcurrent faulting history of southern New Brunswick; in Current Research, Part B, Geological Survey of Canada, Paper 86-1B, pp. 111-120.

Rast, N. and Grant, R.

1973: Transatlantic correlation of the Variscan-Appalachian Orogeny; American Journal of Science, 273, pp. 572-579.

Rast, N., Burke, K. and Rast, D.

1979: The earthquakes of Atlantic Canada and their relationship to structure; Geoscience Canada, Vol. 6, pp. 173-180.

Stringer, P. and Burke, K.

1985: Structure in southwest New Brunswick; Geological Association of Canada Field Excursion Guide, No. 1, 34 p.

4.7 GEOLOGICAL EVALUATION OF THE SEISMICITY OF THE CHARLEVOIX AREA, QUEBEC

Chagnon, J.Y., Locat, J.
Université Laval

The primary objective of this project was to identify geological features, in unconsolidated deposits, resulting from past earthquake activity in the Charlevoix area. These features are related to liquefaction of saturated sandy or silty deposits which may have occurred at shallow or at relatively great depths. Two types of features were identified in a previous study as reasonable indicators of seismicity: a) clastic dykes injected from below the invaded sediments, and b) sand volcanoes; both types have been identified in the Charlevoix area.

One silty clay dyke, filled from the bottom, has been observed in flat-lying sediments in an apparently undisturbed terrace at Ile-aux-Coudres. The dyke, which has not yet been studied in great detail, branches upwards into several smaller dykelets, most of which do not reach the surface. From aerial photographs, about 200 mounds, 10-20 m in diameter and 2-5 m high, were noted in the Gouffre River valley, between Baie St. Paul and St. Urbain. These mounds do not occur in the vicinity of Baie St. Paul, where the valley is wide, but are found only in the narrow part of the valley to the north. Examination of these features on the ground indicated that most are made up of fine to coarse-grained sand, though a few are made up of clay, and they are commonly associated with landslide activity. One mound, truncated by the Gouffre River, 5 km south of St. Urbain, shows sandy layers describing a large, open, anticlinal fold. Similar folds described by a few authors as "diapir-like" have been considered as a general criterion for seismic activity. Excavation of two sand mounds, in 1985 and in 1986, has exposed their internal structure which indicates that they are sand volcanoes.

A large-scale circular feature, some 150 m in diameter, occurs north of Baie St. Paul near a cluster of mounds, including the sand volcano excavated in 1985. This feature may be related to deep-seated liquefaction with collapse of the surface and ejection of sand due to the volume changes.

On the east side of the Gouffre River valley, just above Baie St. Paul, a long and wide inclined terrace is observed. This terrace slopes to the north at an angle of 2-3 degrees. It is separated in two, halfway down its length, in a stepwise fashion as if it had been cut by a fault. This feature has not yet been investigated thoroughly but it may be the strongest evidence of postglacial seismic activity yet observed in the Charlevoix area.

The valley of La Malbaie River is wider than the Gouffre River valley, but is not as deep and no direct evidence of seismic activity has been observed. A series of steep-sided conical hills, made up of clay, occur on the Murray Bay golf course. Their origin is not clear but the available evidence generally indicates a relation to landslide processes.

4.8 EASTERN CANADA EARTHQUAKE ACTIVITY DURING 1987

Drysdale, J.
Geological Survey of Canada

Provisional data are available from the Geophysics Division of the Geological Survey of Canada for 246 earthquakes located in or near eastern Canada during 1987. Figure 4.8.1 shows the pattern of activity has continued to be similar to that of previous years and is restricted primarily to the recognized seismic zones of West Quebec; Charlevoix, Quebec; Lower St. Lawrence, Quebec; Miramichi, N.B.; and the Laurentian Slope. Twenty-six events were magnitude 3.0 or greater. The largest event plotted, magnitude 4.2, occurred June 26, 1987 on the Laurentian Slope. The only other earthquake shown on Figure 4.8.1 took place July 13 near Ashtabula, Ohio and was followed by many aftershocks. This magnitude 4.1 event was not felt in Canada. A magnitude 4.9 earthquake June 10, 1987 centred near Lawrenceville, Illinois was felt widely in the U.S. and in southern Ontario as far north as Owen Sound and east to Toronto. This event was followed by several aftershocks during the next few months.

One of the most significant Canadian earthquakes this year, although only magnitude 3.4, took place on July 23, 1987 at the west end of Lake Ontario. This is an area of low level activity. This tremor was felt in Toronto, Burlington, Stoney Creek, Guelph, St. Catherines and Mississauga, Ontario. The last previously located event from the same area occurred on January 12, 1986 and was magnitude 2.8. Of significance, also, was a magnitude 3.4 earthquake in the Strait of Belle Isle between Newfoundland and eastern Quebec on December 11, 1987. Very few earthquakes have ever been detected in this region.

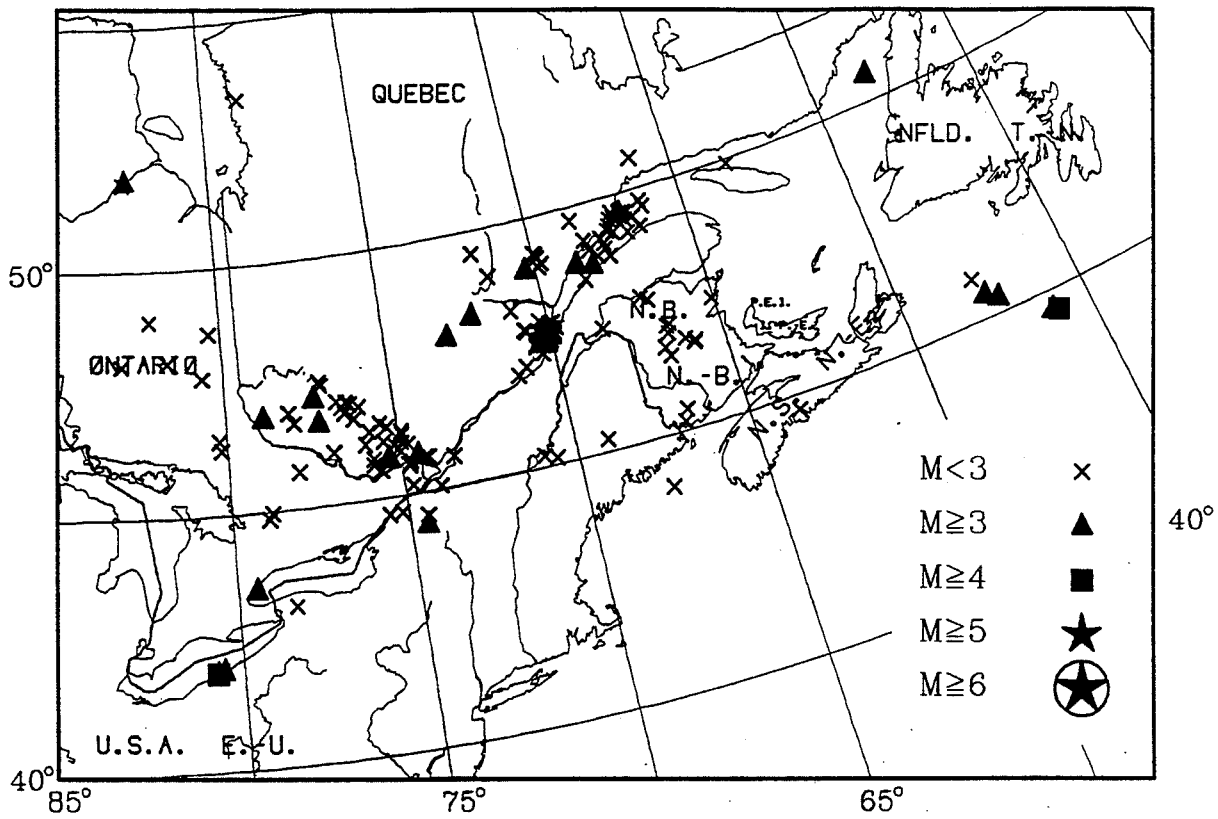


Figure 4.8.1 Eastern Canadian earthquakes during 1987

4.9 GEOLOGICAL INTERPRETATION OF REGIONAL GEOPHYSICS FOR THE CENTRAL METASEDIMENTARY BELT

Forsyth, D.A.,* Moore, J.M.,** Abbinett, D.,* Halpenny, J.*
* Geological Survey of Canada, ** Carleton University

Aeromagnetic and gravity data, newly compiled at 1:1,000,000 scale, correlate well with exposed major structural features in and along the boundaries of the Central Metasedimentary Belt (CMB), and permit tracing them beneath Paleozoic sedimentary cover. Preliminary conclusions include: 1) the Carthage-Colton mylonite zone is continuous with the Labelle mylonites that form the eastern boundary of the CMB in Quebec; 2) the boundary between the Elzevir and Frontenac/New York Lowlands terrains, and a regional mylonite belt in the eastern Elzevir Terrain, can be traced southward beneath Lake Ontario into the Clarendon-Linden structure, a seismogenic feature associated with NS-striking faults in northern New York State; 3) the CMB Boundary Zone, bordering the CMB on the west, is a complex feature with no characteristic aeromagnetic signature; 4) the CMBBZ appears to project southward under the area of Toronto, where it meets a major zone of high-amplitude, short wavelength anomalies. Regionally, this zone trends southwest toward the southerly projection of the Grenville Front; and 5) circular positive magnetic anomalies, that extend in a prominent belt from the Elzevir Terrain southward to eastern Lake Erie, bear strong similarity to features that correlate with ca. 1.1 Ga, late tectonic syenite plutons in western Quebec.

The relatively continuous magnetic anomaly trends, resulting from shallow sources, are intersected by regional gravity gradients ascribed to deeper structure. This discordance, together with a thickness of the supracrustal succession of 4-5 km, inferred from gravity modelling, and widespread evidence of NW thrusting along the borders of the CMB and in the adjacent Central Gneiss Belt, suggests that much of the CMB may be allochthonous.

4.10 GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS OF THE CENTRAL METASEDIMENTARY BELT,
GRENVILLE PROVINCE: QUEBEC TO NORTHERN NEW YORK STATE

Forsyth, D.A.,* Thomas, M.D.,* Real, D.,** Abinett, D.,* Broome, J.,* Halpenny, J.*
* Geological Survey of Canada, ** University of Ottawa

The correlation of regional aeromagnetic, gravity, and seismic data with geological structures within and along the margins of the Central Metasedimentary Belt (CMB) is used to trace features beneath the sedimentary cover to the south. The comparison of geophysics and geology is used to study: 1) the exposed northeast and the covered southwest extensions of the CMB Boundary Zone between the CMB and the Central Gneiss Belt, 2) the continuation of the Carthage-Colton-Labelle (Mylonite) Zone along the eastern CMB, 3) the enigmatic and seismogenic Clarendon-Linden structure in central Lake Ontario and its possible continuity as the boundary between the Elzevir and Frontenac and New York Lowlands terrains and 4) sub-domain boundaries and major internal features.

The northern end of a new subdivision of the southwestern Grenville Province and a prominent zone of plutonic bodies within the central CMB are identified from distinct aeromagnetic anomaly patterns.

The relatively continuous CMB magnetic anomaly pattern, due mainly to shallow lithology and structure, is discordant with respect to gravity gradient belts, due probably to deeper density structure. This discordant relationship, taken together with interpreted Grenville Supergroup thicknesses of 4-5 km (gravity models) and geological and seismic evidence for northwest thrusting in the Grenville basement, may indicate that much of the metasedimentary assemblage is allochthonous.

The regional change in mapped structural attitudes, from shallow dipping in the west to near vertical in the east, is in accord with the more direct correlation of potential field anomalies with the geology in the east. Shallower structural attitudes in the western CMB and displacement of the anomaly-causing density structure at depth may explain the divergence of the Western Boundary Gradient Belt from the boundary zone outside of the Bancroft to Ottawa River section.

The relationship between the CMB and the positive regional gravity field is evident. Greater Moho depth beneath the western CMB-CGB identified by refraction studies, may indicate that the gravity high reflects a denser lower crust-upper mantle produced by continental collision.

4.11 INVESTIGATIONS OF NEOTECTONIC FEATURES IN PRINCE EDWARD COUNTY, SOUTHERN ONTARIO

McFall, G.H.,* Gorrell, G.A.,** White, O.L.,* Barnett, P.J.*

* Ontario Geological Survey,

** Consulting Geologist, now with Ontario Ministry of Natural Resources)

The objective of this investigation is to investigate and document possible neotectonic features in the Prince Edward County test area. In southern Ontario, investigations on behalf of the Multi-Agency Group for Neotectonics in Eastern Canada (MAGNEC) are focused on the Prince Edward County test area (see inset Figure 4.11.1). The test area is located in the southernmost part of Athol and South Marysburg Townships and encompasses an area of 100 km² bounded by the Lake Ontario shoreline, latitude 43°56'N and longitudes 77°12'W and 77°03'W. The area is underlain by rocks of Middle Ordovician age which rest unconformably on the Precambrian basement, and are overlain by a thin veneer of Quaternary deposits. The 1987 field program was initiated to examine the Quaternary and Paleozoic geology of the area in order to ground-truth tonal lineations and patterns identified on false colour infra-red air photographs (supplied by the Ontario Centre for Remote Sensing) and black and white air photographs.

The limestones of the Lindsay Formation form much of the bedrock surface throughout the area. Examination of the bedrock exposures yielded a variety of structures. Many of these structures are related to the regional joint system; the most common joint orientations being 080°, 130° and 150° with other orientations being less common. Open joints form crevasses that are present throughout the area and exhibit openings of a few millimeters to 30 centimeters. A major fault is known to occur in the western part of the area (see Figure 4.11.1). The presence of other faults is suggested by the observation of offset calcite-filled joints and slickensided joint faces and the presence of sheared calcite and gouge-like material in the axial zone of a pop-up. Bedrock exposures of six pop-ups and several buckles were measured. Minor folds were observed adjacent and parallel to a pop-up.

Quaternary deposits include a variety of tills, glaciolacustrine shoreline and offshore deposits, glaciofluvial and post-glacial fluvial sediments. Two sets of striae were measured; the first averaging about 293° and the second at 255°. Lateral displacements and termination of striae occurring along preferred lineaments was observed. Six shoreline levels were mapped at elevations of 85, 88, 91, 98, and 101 m ASL. Parts of originally continuous shorelines were observed to be missing where major lineaments transect them (see Figure 4.11.1). Reverse faulting was observed within the glaciolacustrine sediments. Some widened joints contained sorted and unsorted glacial sediments and erosion of the bedrock surface by glacial melt-waters was observed in conjunction with fluvial and till deposits.

The present-day ground surface of the test area exhibits long linear depressions that are oriented similarly to the regional joint systems. Numerous sub-circular depressions containing wetlands are also present and may be the result of dissolution and/or karst collapse.

Preliminary interpretation of the field observations indicates that geological processes have formed a complex interrelationship of bedrock structures and Quaternary deposits. The structural features and anomalies described above are the result of rejuvenation and modification of paleotectonically formed zones of weakness by glacial, post-glacial and contemporary geological processes including neotectonic activity.

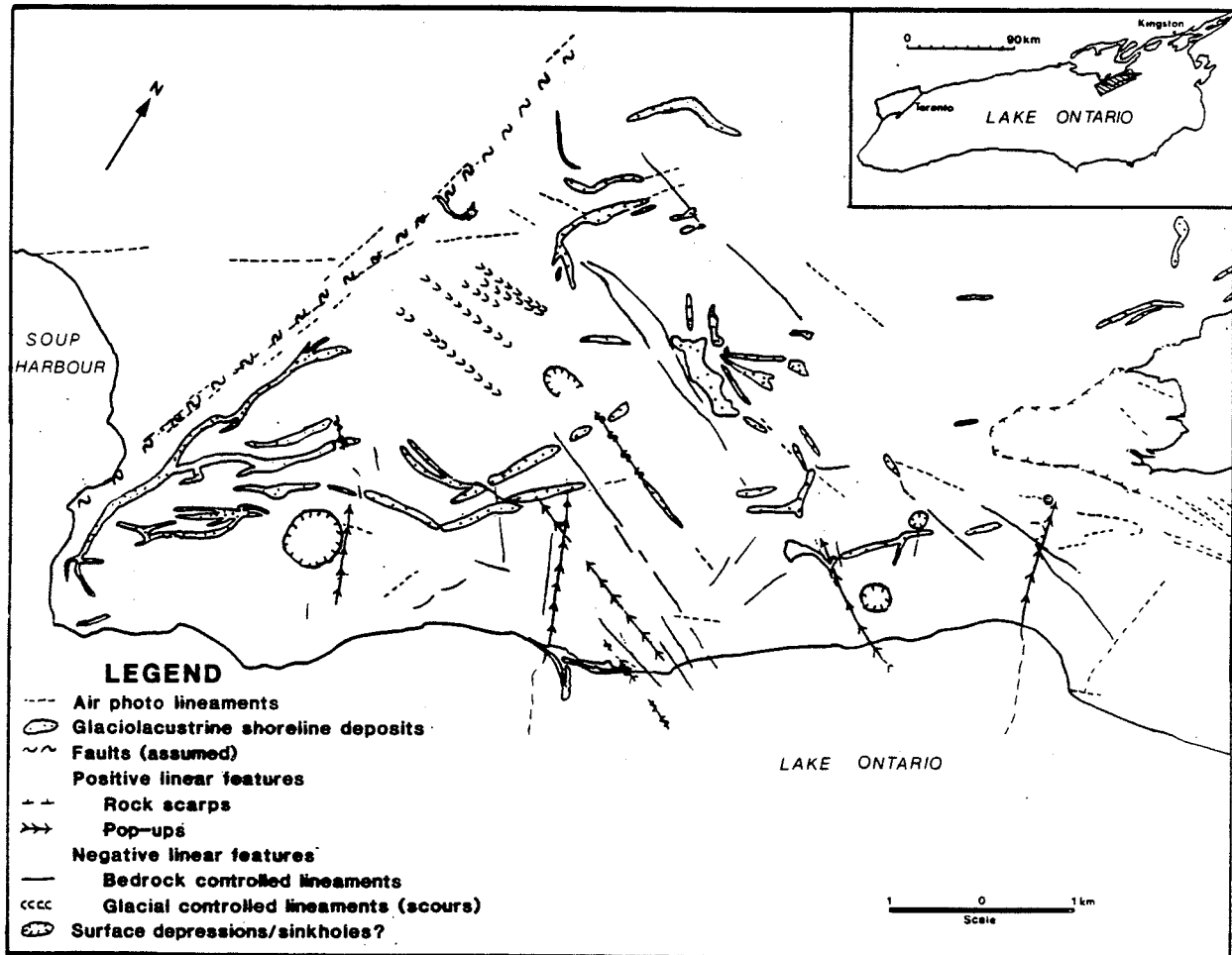


Figure 4.11.1 Distribution of selected geological features in Prince Edward County test area, southern Ontario.

4.12 REAPPRAISAL OF THE SEISMOTECTONICS OF SOUTHERN ONTARIO
TASK 1:
"RELOCATION OF EARTHQUAKES AND SEISMICITY PATTERN"

Mohajer, A.A.
Consulting Geophysicist

The fundamental objectives of this study were to review and improve the seismological database as an aid to evaluating, more realistically, the seismic hazard in southern Ontario. For this purpose, the following procedures have been undertaken:

In the first stage, the types of errors in earthquake location files are identified, sources of uncertainties are discussed and a sensitivity analysis of the errors to different parameters is presented. For this analysis and for calibration of the crustal velocity models, recorded data from the 1982 COCRUST seismic experiment explosions at Marmora, Ontario and Bristol Mines, Quebec as well as blasts from the Ogden Point quarry at Lake Ontario have been used. Conclusions reached are that the most prominent sources of errors are: systematic biasing to different combinations of seismographic stations, quality of the input data, variations in station coverage, and to the crustal velocity models.

In the second stage, a group location technique, Joint Hypocentre Determination (JHD), has been utilized to improve the locations of a group of 67 well-recorded events, mostly from the more active region near the Ottawa River and in western Quebec. The third stage, to relocate smaller and less reliably detected events in southern Ontario, utilized a new algorithm, "HYPOCENTRE", which proved very efficient and flexible in the test runs for handling local explosion and natural events. The results show that the latter technique, if used with reviewed and corrected phase data, can yield solutions with accuracy of ± 2 km, compared with uncertainties in the order of ± 20 km observed for routinely located epicenters in the vicinity of Lake Ontario.

A preliminary interpretation of the seismicity patterns in the study region shows that earthquakes of magnitude 3 and larger tend to align along preferred seismic trends which may, in turn, be controlled by weakness planes in the Earth's crust. (Figure 4.12.1) These inferred trends coincide with dominant northwesterly and northeasterly striking structural directions. Delineation of the dimensions of such planes of weakness helps in the definition of the properties of real seismic sources and may serve as a basis to constrain future seismic potential, including the upper bound magnitudes (M_{max}) which are important fundamental input parameters for seismic risk analysis. For earthquakes which occur prior to 1970, and were smaller than magnitude 4, and for microearthquakes ($M < 3$) which occurred near the Lake Ontario shoreline, the detection coverage was not sufficient to conclusively discuss accurate locations and causative mechanisms at this stage.

References

Mohajer, A.A.

1987: Reappraisal of the seismotectonics of southern Ontario; Report to Ontario Hydro, 81 pp.¹

¹ See Section 5 of this report for further details

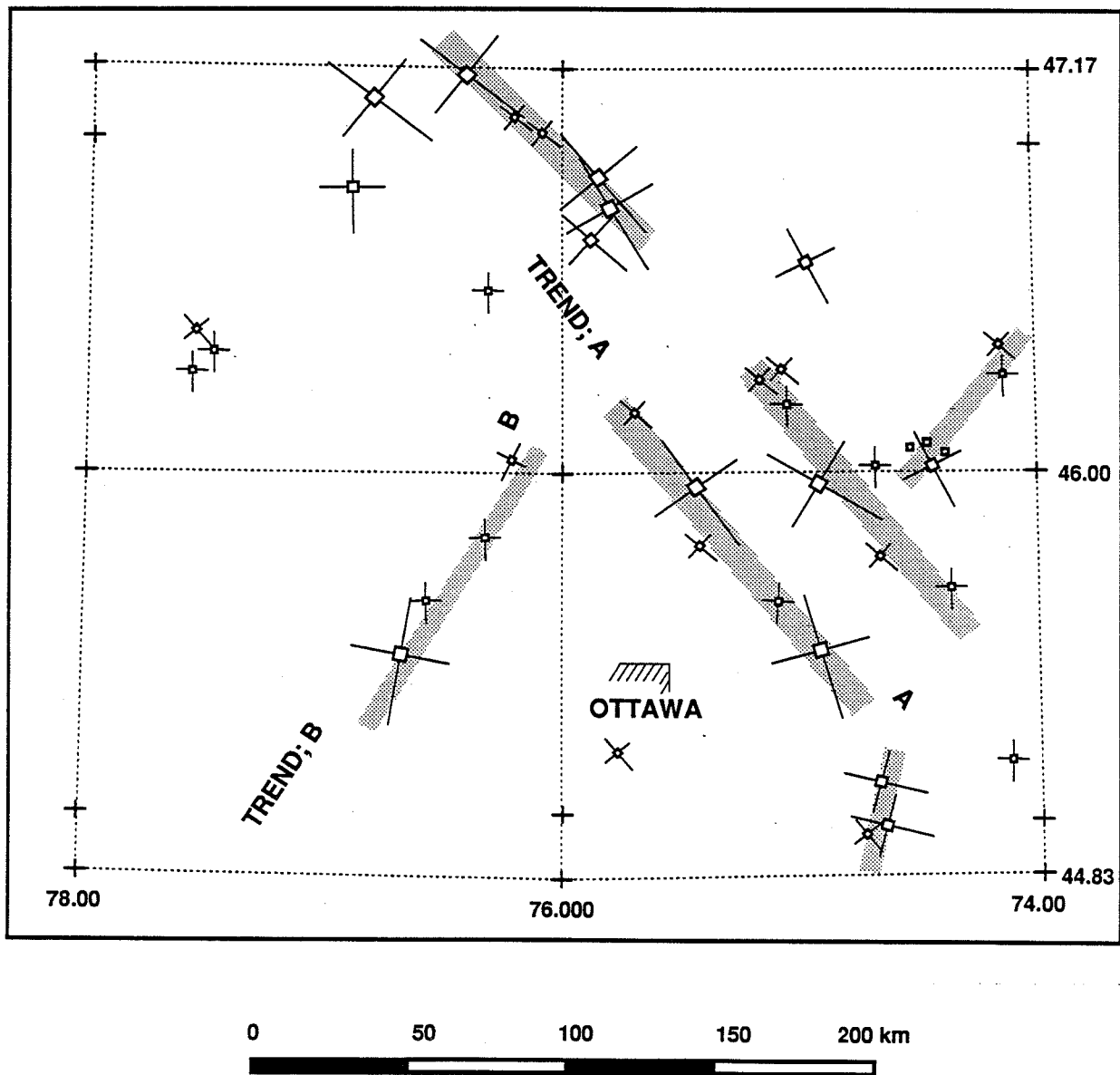


Figure 4.12.1 Joint epicentre determination of selected earthquakes in the West Quebec Seismic Zone. Error bars show 90% confidence limits of the recomputed locations. (from Mohajer, 1987).

4.13 THE SUDBURY LOCAL TELEMETERED SEISMOGRAPH NETWORK

Plouffe, M.,* Cajka, M.G.,** Wetmiller, R.J.,*** and Andrew, M.D.***

* Canada Centre for Remote Sensing, ** Atomic Energy of Canada Ltd.,

*** Geological Survey of Canada

The Sudbury Basin is one of the major mining centres in Canada with nickel and copper as principal ores. Since the 1930's, many mines in the region have been subjected to rockburst problems. During the last four years, rockbursts have caused four casualties and \$200 million in damages and lost production.

To prevent more injuries and loss of production, the Canada-Ontario-Industry Rockburst Project was created in 1984. One of the main efforts of this project has been to increase mining safety and productivity through improved rockburst monitoring. To achieve this goal, a regional seismograph network, SLTN (Sudbury Local Telemetered Network), has been created to monitor the seismic activity in the 15 mines located around the 50 kilometre basin.

The network was developed by the Geophysics Division, Geological Survey of Canada. It uses the same kind of high resolution digital seismographs as the Eastern Canadian Telemetered Network (ECTN) uses to monitor earthquake activity. It became operational in the fall 1984 with one outstation (SUO). In 1986, an outstation (SZO) was added and SWO completed the network in 1987.

These three outstations consist of two parts, a single-component Teledyne-Geotech S13 seismometer and a 60-Hz digitizing package. The resolution is 2 nm/s per bit equivalent to a magnitude 1 event at 100 km. The frequency range is 1 to 16 Hertz with a 126 dB of dynamic range or a magnitude range of about 6. These outstations are linked via dedicated phone lines to a central processing facility at Science North, a science museum located in Sudbury, where it forms a popular public display feature of the museum. At this location, a PDP 11/73 processor receives all data continuously and saves triggered event files with a simple STA/LTA trigger algorithm. The PDP 11/73 computer has a disk memory of 110 megabytes equivalent to two months of event files. It stores daily event data and produces continuous visual monitors of each station at Science North. Each day, all triggered event files are transferred from the SLTN processor to the main ECTN seismic processor in Ottawa.

This latter computer, a VAX-11/750, is the main computer for current earthquake analysis at GD where SLTN data are merged and integrated with daily ECTN data. The VAX computer provides a variety of interactive processing algorithms to the analysts. The Seismic Analysis Monitor (SAM) program is used to display, filter, scale waveforms and create PIKfiles. The Local Event Location Routine (LOC) calculates hypocentre and magnitude parameters. Other routines are available for P-nodal mechanism and seismic source property analysis and discrimination.

In collaboration with the mining industry, blasts and rockbursts at each mine are identified. After confirmation, the rockburst data are stored in the Canadian seismicity database and earthquake data. Comprehensive reports on the rockburst activity in eastern Canada are issued by Geophysics Division every three months.

The Sudbury Local Telemetered Network now records more than 600 seismic events per month. Out of 350 events originating in the Sudbury area, approximately 175 of these events can be located. The majority of them are related to blasting operations in the mines. Approximately 10 rockbursts are located each month from the mines in the Basin. The minimum magnitude for complete detection varies around 1, depending on the location of the mines with respect to the network.

4.14 DEFORMATION IN QUATERNARY DEPOSITS OF SOUTHWESTERN NEW BRUNSWICK
- POSSIBLE NEOTECTONIC IMPLICATIONS

Ruitenberg, A.A.
Department of Natural Resources and Energy

Earthquake activity has been reported from the Passamaquoddy Bay area in southeastern Maine and southwestern New Brunswick by both United States and Canadian seismologists. Recent accurate leveling and the study of glacial-marine deltas, salt marshes, old ship yards and Indian shell heaps by U.S. researchers suggest that the Passamaquoddy Bay area is downwarping at a rate of 9 mm per year. The present investigation was designed to determine if this tectonic activity produced structures that could be identified in glaciofluvial and younger alluvial deposits. If successful, this would provide a rapid method to delineate areas with high earthquake risk. This is particularly important, because investigations by Iranian investigators (personal communication, A.A. Mohajer) have demonstrated that some high risk areas may be dormant for as long as 700 years.

During the summer of 1987, four representative large gravel pits were selected to start the investigation. Several sections were found with well-developed tight to isoclinal folds, and normal and reverse faults in glaciofluvial sand-silt, and post-glacial varved clay deposits (Figures 4.14.1 a-d). The geometry and orientation of the folds suggest that they resulted from shearing sub-parallel to bedding. The normal and reverse fault orientations in these sediments are similar to regional bedrock faults and contrast with irregular faults resulting from slumping produced by ice cake melting in the area (Figure 4.14.1 f). Silt injections along the normal and reverse faults and flame structures (Figure 4.14.1 e) that are locally well developed in these beds suggest that this deformation coincided with dewatering produced by rapid loading. This loading may have been produced by gravity slides and/or overriding glaciers. The presence of both compression related shear folds and reverse faults, and extension related normal faults are consistent with stress distributions expected in gravity slides. Slides may have been activated by earthquakes centered along major fault zones. It is also possible that the normal and reverse faults are of different ages, but no evidence for cross-cutting relationships has been found.

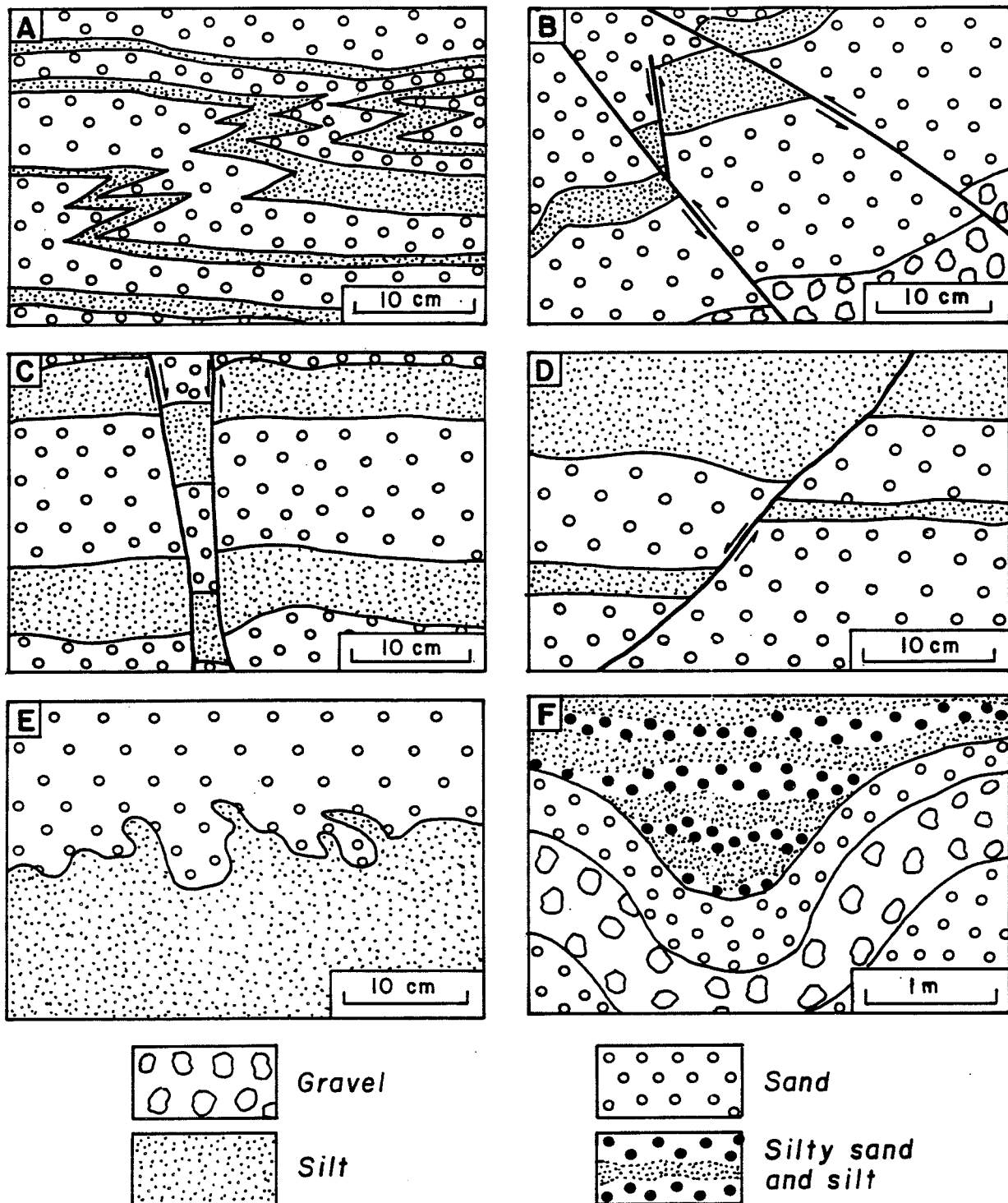


Figure 4.14.1 Isoclinal folds (A), reverse faults (B), graben (C), normal fault (D), flame structures (E), in glaciofluvial deposits, Passamaquoddy Bay area and collapse structure (F), Rollingdam area.

4.15 SEISMIC ACTIVITY IN NORTHERN ONTARIO, 1987

Wetmiller, R.J.,* Cajka, M.G.**

* Geological Survey of Canada, ** Atomic Energy of Canada Limited

This report summarizes seismic activity in northern Ontario from January to December, 1987. These events were able to be located largely as a result of the additional facilities provided by Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL) to Geological Survey of Canada (GSC) in its task of monitoring seismicity in the Precambrian Shield.

There were 19 earthquakes located in the area under question during 1987 and these are summarized in Table 4.15.1. The largest event was magnitude 3.6 and was located between the Albany and Stopping Rivers in the James Bay area of northern Ontario.

North of 50° north latitude six events were scattered across northern Ontario from Quebec to Manitoba. The pattern appeared to be random and not associated with any previously established seismic areas.

South of Kapuskasing (KAO) from 80-85° west longitude and 47-49° north latitude a configuration of five events can be seen, and east of SLTN another two are plotted. The identification of these events as earthquakes was less certain as there was always the possibility that events emanating from these areas were in fact related to mining activity. However, every effort has been made to determine the source of events, particularly those at unusual times or over magnitude 2.5, and the events listed here, are to the best of our knowledge, legitimate earthquakes.

Three events east of Eldee (EEO) were believed to be associated with the historically active Western Quebec Seismic Zone.

The last area to be noted is south of station Sioux Lookout (SOO) where two small events occurred in an area of little historical seismic activity.

Rockburst activity continued throughout 1987 and those events of magnitude 2.5 and over are listed in Table 4.15.2. Of significance to the discrimination capabilities in the Sudbury Basin was the installation of the three-station telemetered array SLTN, sponsored by the joint Canada-Ontario-Industry Rockburst Research Program. These additional stations improved significantly the detection and location capabilities in this area.

In January station TBO became the sixth station in the AECL network and station HUD (now SOO) was relocated in June because of problems securing an operator. The seismic outstation at EEO was changed to a Mark III format in October giving it a broader dynamic range. Despite a few problems with station operator replacement and equipment problems (particularly at station TBO) the overall operation of the AECL network was good. The efficiency rating (recording time/possible recording time) of each station is given in Table 4.15.3 and the coordinates and elevation of those stations operating as of December 30, 1987 are given in Table 4.15.4.

TABLE 4.15.1

LOCATED LOCAL EARTHQUAKES

January-December, 1987

DATE (1987)	TIME (UT)	LAT (°N)	LONG (°W)	MAG (Mn)
Feb 27	03:49	48.90	92.29	2.6
Mar 07	12:06	46.48	80.22	2.8
Mar 10	11:49	46.29	80.18	2.8
Apr 05	07:27	51.72	82.75	3.6
Apr 26	00:55	48.10	81.65	2.1
May 20	14:29	53.40	78.73	2.8
Jun 06	14:24	48.96	82.15	2.1
Jun 07	19:52	46.71	77.99	2.2
Jul 06	07:14	48.60	98.88	2.7
Aug 17	01:32	46.87	78.90	3.2
Aug 17	10:36	53.38	88.57	3.0
Aug 22	05:42	52.82	88.42	2.6
Aug 27	00:32	47.76	80.63	2.0
Sep 09	22:26	46.93	78.13	2.2
Oct 17	19:29	51.21	85.25	3.2
Oct 29	13:59	51.15	85.24	3.1
Dec 06	08:05	48.12	83.34	2.3
Dec 20	07:52	48.72	80.30	2.7
Dec 25	15:37	51.84	82.83	2.9

TABLE 4.15.2

RECORDED ROCKBURSTS MAGNITUDE 2.5 AND OVER

January-December, 1987

DATE	MINE	LOCATION	MAGNITUDE
Mar 28	Copper Cliff N	Sudbury	2.9
Apr 27	Macassa	Kirkland Lake	2.5
May 01	Strathcona	Sudbury	2.5
May 14	Creighton	Sudbury	2.7
Aug 22	unconfirmed	Sudbury	2.6
Aug 28	Creighton	Sudbury	2.5
Sep 01	Copper Cliff N	Sudbury	2.7
Oct 06	Strathcona	Sudbury	2.6
Oct 14	Strathcona	Sudbury	2.7
Oct 16	Creighton	Sudbury	2.7
Oct 27	Creighton	Sudbury	3.6
Nov 02	Fraser	Sudbury	2.5
Nov 14	Copper Cliff N	Sudbury	2.7
Dec 05	Copper Cliff N	Sudbury	2.7
Dec 11	Denison	Elliot Lake	2.7
Dec 23	Copper Cliff N	Sudbury	2.6
Dec 29	Copper Cliff N	Sudbury	2.6

TABLE 4.15.3

EFFICIENCY RATING % FOR AECL STATIONS 1987 *

KAO	91.6
TBO	88.4
GTO	99.4
HUO	99.6**
SOO	99.4**
EEO	93.4

* Due to the time required to change records, 99.8% is optimal rating

** Each station was operational approximately 6 months

TABLE 4.15.4

AECL-SUPPORTED STATIONS AS OF DECEMBER 1987

STATION		LAT (°N)	LONG (°W)	ELEVATION (in metres)
ULM	Lac du Bonnet	50.2499	95.8750	281
SOO	Sioux Lookout	50.0762	91.8880	358
GTO	Geraldton	49.745	86.692	350
KAO	Kapuskasing	49.448	82.485	198
TBO	Thunder Bay	48.6473	89.4083	468
EEO	Eldee	46.6411	79.0733	398

5. REPORTS SUBMITTED TO MAGNEC



- 5.1 REAPPRAISAL OF THE SEISMOTECTONICS OF SOUTHERN ONTARIO, Task 1: Relocation of earthquakes and seismicity pattern; by A.A. Mohajer, Geophysics Division, Department of Physics, University of Toronto; prepared for Safety and Safeguards Section, Atomic Energy Control Board of Canada; Geophysics Division, Geological Survey of Canada, Energy, Mines and Resources; and Geotechnical and Hydraulic Engineering Department, Ontario Hydro, November 1987, 81 pp (MAGNEC Contribution 87-01).

Executive Summary

A realistic assessment of seismic risk is important in design, construction and operation of critical or strategic facilities. Review of up-to-date information and the application of state-of-the-art techniques can reduce the number of uncertainties in seismic hazard studies. These aspects may serve the interest of the community by minimizing the potential damage as well as preventing over-conservatism which is considered to be another type of economic loss even before the earthquake occurs.

The fundamental objectives of this study were to review and improve the seismological data base as an aid in more realistic evaluation of seismic hazard in southern Ontario. For this purpose, the following procedures have been undertaken:

In the first stage, the types of errors in earthquake location files are identified, sources of uncertainties are discussed and a sensitivity analysis of the errors to different parameters is presented. For this analysis and for calibration of the crustal velocity models, recorded data from the 1982 COCRUST seismic experiment explosions at Marmora, Ontario and Bristol Mines, Quebec, and blasts from the Ogden Point quarry at Lake Ontario have been used. Conclusions reached are that the most prominent sources of errors are: a) systematic biasing to different combinations of seismographic stations which have changed through time, b) quality of the input data and consistency in assigned weighting factors, c) variations in station coverage and therefore detection threshold in southern Ontario, and d) to a lesser extent, the crustal velocity models.

In the second stage, a group location technique, Joint Hypocentre Determination (JHD), has been utilized to improve the locations of a group of 67 well-recorded events, mostly from the more active region near the Ottawa River and in western Quebec. The third stage, to relocate smaller and less reliably detected events in southern Ontario, utilized a new algorithm, "HYPOCENTRE", which proved very efficient and flexible in the test runs for handling local explosion and natural events. The results show that the latter technique, if used with reviewed and corrected phase data, can yield solutions with accuracy of better than ± 2 km, compared with uncertainties in the order of ± 30 km observed for routinely located epicenters in the vicinity of Lake Ontario.

A preliminary interpretation of the seismicity patterns in the study region shows that earthquakes of magnitude 3 and larger tend to align along preferred seismic trends which may, in turn, be controlled by weakness planes in the Earth's crust. These inferred trends coincide with dominant northwesterly and northeasterly striking structural directions. Delineation of the dimensions of such planes of weakness helps in the definition of the properties of real seismic sources and may serve as a basis to constrain future seismic potential, including the upper bound magnitudes (M_{max}) which are important fundamental input parameters for seismic risk analysis. For earthquakes smaller than magnitude 4 prior to 1970 and for microearthquakes ($M, 3$) which occurred near the Lake Ontario shoreline, the detection coverage was not sufficient to conclusively discuss accurate locations and causative mechanisms. Nevertheless, the contribution of triggering mechanisms due to pressure transients resulting from groundwater fluctuations and consequent hydraulic fracturing can not be omitted at this stage.

It is recommended that a site-specific seismic study be carried out for all important facility sites in southern Ontario. These studies should include: 1) re-examination of all available original seismograms for the events within a radius of 300km to permit improvement of the locations of seismic events and a consistent data reduction methodology to be used in their recomputation, and 2) monitoring of local microearthquakes with a dense array of seismographs as a means of verifying the source properties and to develop appropriate constraints on the generation and recurrence of larger magnitude earthquakes.

- 5.2 NEOTECTONICS IN THE MARITIME PROVINCES; by G.L. Martin, Language Unlimited; prepared for Atomic Energy Control Board of Canada, March 1988, 115 pp (MAGNEC contribution 88-02).

Abstract

Seismic risk assessment in the Maritime Provinces requires input from not just historical, but also geological sources. A detailed search through published and unpublished geological literature reveals many examples - some probable, some possible - of neotectonic movement in the area. Examples range in tectonic significance from those that reflect exaggerated local imbalance to those that signify deep-seated stress.

Evidence for neotectonism in the Maritimes is multidisciplinary. It includes deformation in bedrock and quaternary deposits, and regional warping. Recent movement also is indicated by changes in relative sea level, in situ stress fields and geodetic fluctuations. Finally, and most unequivocally, neotectonism in the Maritime Provinces is manifested as the seismic events that have sporadically affected the area throughout its recent geological history, and continue up to the present day.

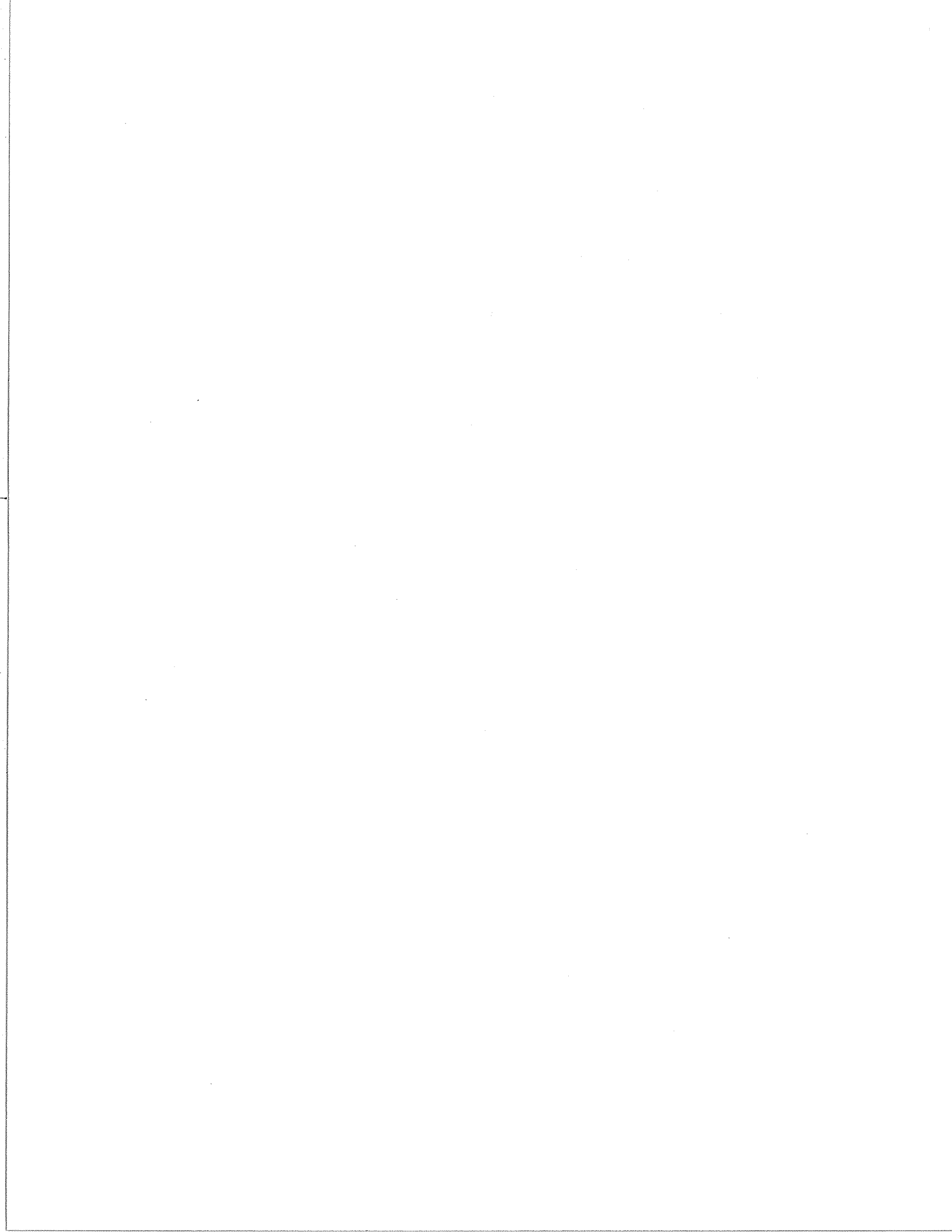
- 5.3 INVESTIGATION AND DOCUMENTATION OF THE NEOTECTONIC RECORD OF PRINCE EDWARD COUNTY, ONTARIO; G.A. Gorrell; prepared for Geological Survey of Canada and Ontario Geological Survey, March 1988, 163 pp. and maps (MAGNEC contribution 88-03).

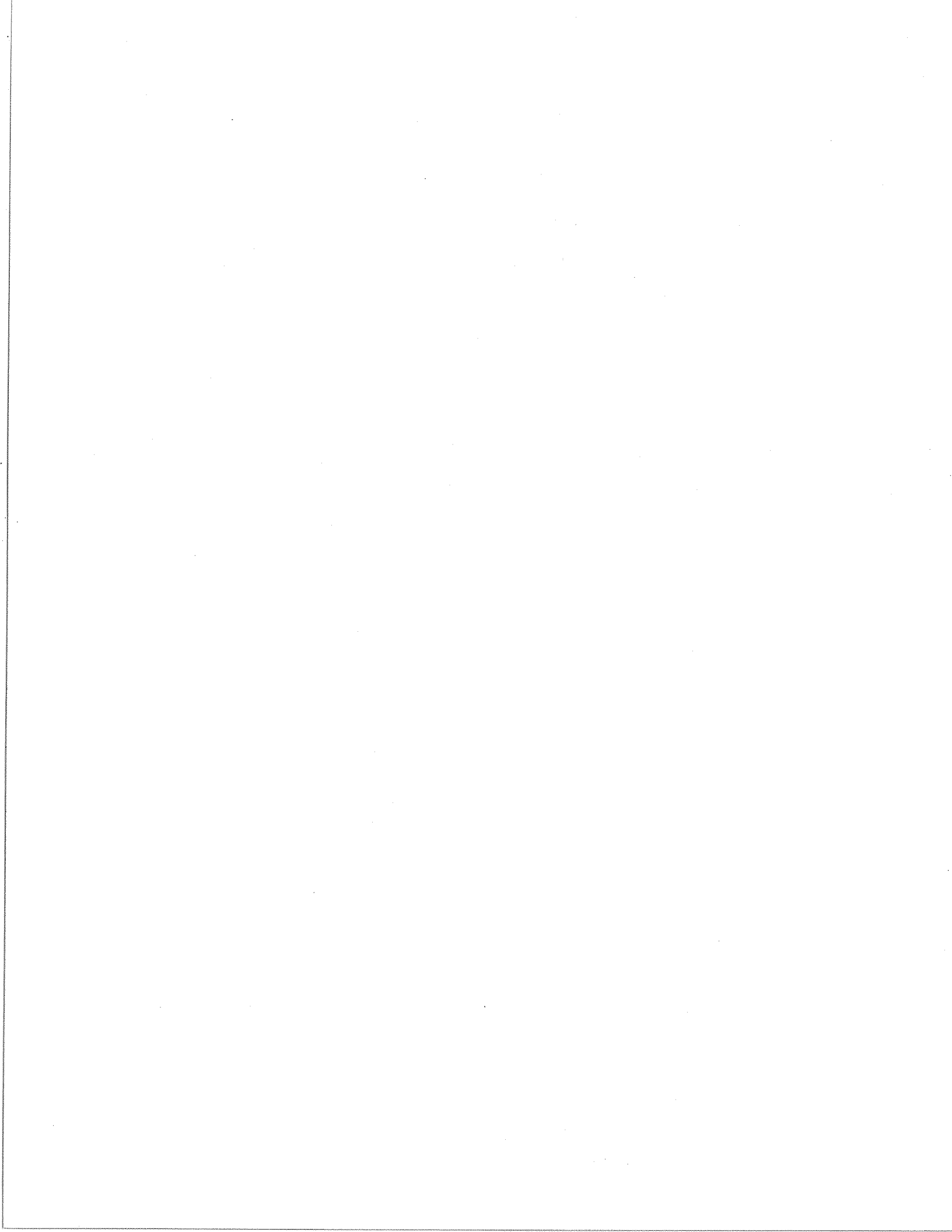
Abstract

This study of the neo-tectonic record of Prince Edward County is part of a series of integrated geologic, seismologic and seismotectonic studies being undertaken in Southern Ontario by the Multi-Agency Group for Neotectonics in Eastern Canada (MAGNEC). The project was funded by the Atomic Energy Control Board and controlled by the Geological Survey of Canada and the Ontario Geological Survey. The area studied is approximately 110 km² and is located in the southern portion of Prince Edward County south of latitude 43° 56' N and east of longitude 77° 10' W.

The origins of the features in the study area can be attributed to a number of different processes. The field investigation showed that ancient tectonic activity, preglacial process, karst activity, glacial processes, post-glacial modification and possibly neo-tectonics all contributed to the formation of the present morphology.

It is possible that neo-tectonic activity has occurred. However, there are also other explanations, not involving neo-tectonics, which could be used to explain many of the features, lineaments and deformations.





- 5.2 NEOTECTONIQUE DANS LES PROVINCES MARITIMES; par G.L. Martin, Language Unlimited; préparé pour la Commission de contrôle de l'énergie atomique, mars 1988, 115 p. (Contribution à l'AMNEC n° 88-02)

Résumé

L'évaluation du risque sismique dans les provinces maritimes nécessite la consultation de sources de données tant historiques que géologiques. Une étude détaillée des rapports géologiques publiés et inédits révèle plusieurs exemples - certains probables, d'autres possibles - d'un déplacement néotectonique dans la région. Ces exemples vont, quant à leur importance tectonique, d'épisodes sismiques présentant un reflet exagéré d'un déséquilibre local à d'autres qui dénotent des tensions très profondes.

Les preuves de l'existence d'un néotectonisme dans les provinces maritimes prennent plusieurs formes, y compris la déformation du socle rocheux et des dépôts du quaternaire, et le gauchissement régional. Des changements dans le niveau relatif de la mer, des champs de contrainte in situ et des fluctuations géodésiques révèlent également un déplacement récent. Enfin, et ce de façon non univoque, le néotectonisme dans les provinces maritimes se manifeste dans les épisodes sismiques qui ont affecté sporadiquement la région au cours de son histoire géologique récente, et qui l'affectent encore aujourd'hui.

- 5.3 ANALYSE ET ETUDE DE LA DOCUMENTATION SUR LA NEOTECTONIQUE DU COMTE DE PRINCE EDWARD (ONTARIO); Par G.A. Gorrell; préparé pour la Commission géologique du Canada et la Commission géologique de l'Ontario; mars 1988, 163 p. et cartes (Contribution à l'AMNEC n° 88-03).

Résumé

Cette étude de la documentation sur la néotectonique du comté de Prince Edward fait partie d'une série d'études géologiques, sismologiques et sismotectoniques intégrées entreprises dans le sud de l'Ontario par l'Association multipartite pour la néotectonique dans l'est canadien (AMNEC). Le projet a été financé par la Commission de contrôle de l'énergie atomique, et supervisé par la Commission géologique du Canada et la Commission géologique de l'Ontario. La région à l'étude couvre une superficie d'environ 110 km² et est située dans la partie sud du comté de Prince Edward, au sud de 43°56' de latitude nord et à l'est de 77°10' de longitude ouest.

Les origines des éléments néotectoniques de la région à l'étude peuvent être attribuées à un certain nombre de processus différents. Les recherches sur le terrain indiquent que l'activité tectonique ancienne, le processus préglaciaire, l'activité karstique, les processus glaciaires, la modification postglaciaire et, éventuellement, la néotectonique ont tous contribué à la formation du relief actuel.

Il est possible qu'il y ait eu une activité néotectonique. Toutefois, il existe d'autres explications en dehors de la néotectonique, qui pourraient servir à la justification de la présence de plusieurs éléments, alignements structuraux et déformations.

- 5.1 RÉÉVALUATION DE LA SISMOTECTONIQUE DU SUD DE L'ONTARIO, PROJET 1 : Nouvelle détermination de l'emplacement des séismes et des tendances de la sismicité; par A.A. Mohajer, Division de la géophysique, Département de physique, Université de Toronto; préparé pour la Section de la sûreté et des garanties, Commission de contrôle de l'énergie atomique; la Division de la géophysique, Commission géologique du Canada, Énergie, Mines et Ressources Canada; et le Geotechnical and Hydraulic Engineering Department, Ontario Hydro; novembre 1987, 81 p. (Contribution à l'AMNEC n° 87-01).

Résumé synoptique

Une évaluation réaliste du risque sismique est importante dans la conception, la construction et l'exploitation de bâtiments ayant une importance critique ou stratégique. L'examen de renseignements à jour et l'application de techniques de pointe peuvent permettre une réduction du nombre d'incertitudes inhérentes aux études des risques sismiques. Ces aspects peuvent servir les intérêts de la collectivité en minimisant les dommages possibles et en prévenant un trop grand conservatisme, lequel est considéré comme étant un autre type de perte économique avant même qu'un séisme ne se produise.

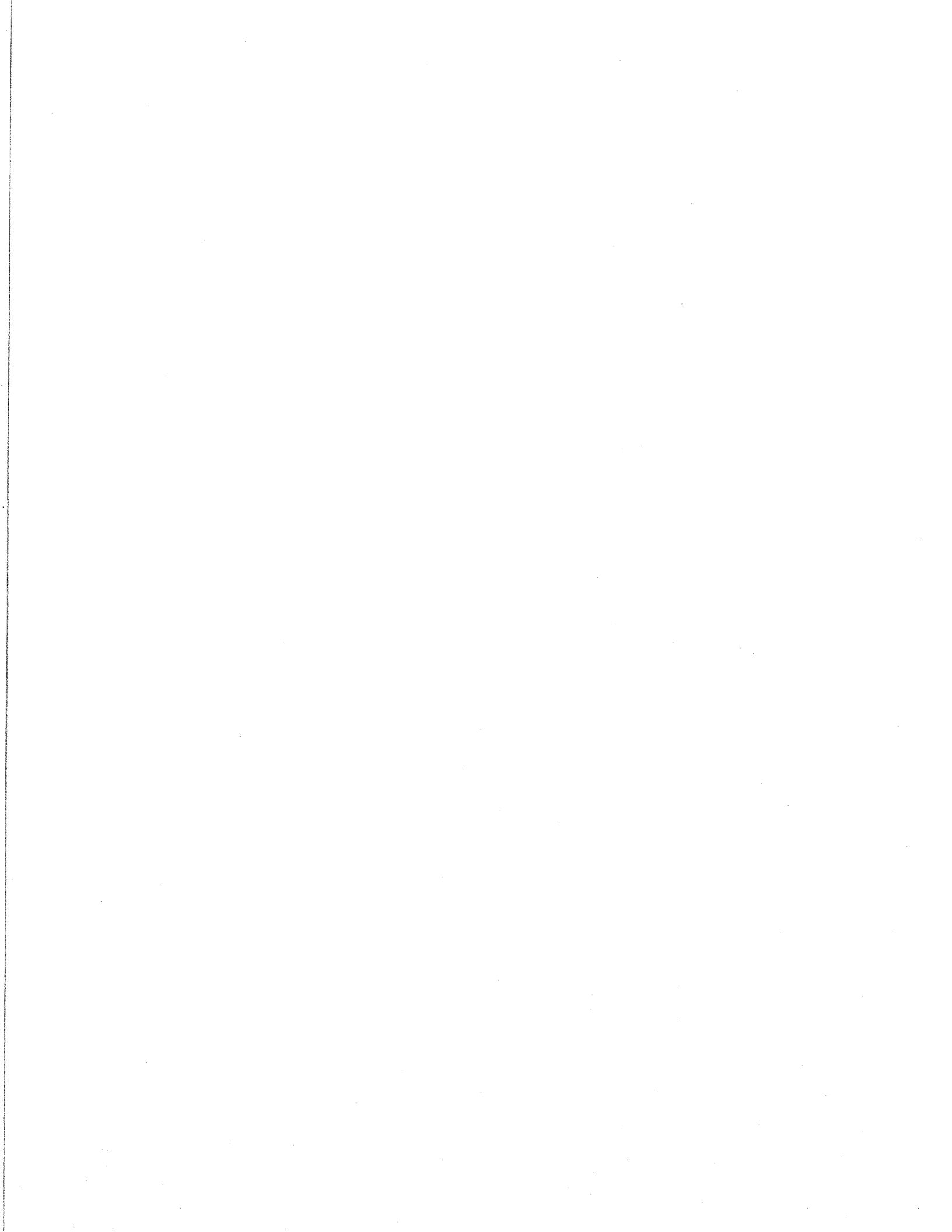
L'objectif fondamental de la présente étude était d'examiner et d'améliorer la base de données sismologiques qui permettront d'évaluer de façon plus objective les risques sismiques auxquels est exposé le sud de l'Ontario. On a procédé dans ce but aux étapes qui suivent.

Tout d'abord, on a identifié dans les fichiers les types d'erreurs relatives à l'emplacement des séismes et l'on a examiné les sources d'incertitudes et présenté une analyse des susceptibilités d'erreurs aux différents paramètres. Pour réaliser cette analyse et pour calibrer les modèles des vitesses de propagation des ondes dans la croûte terrestre, on a utilisé les données enregistrées en 1982 lors des explosions expérimentales faites dans le cadre du programme sismique COCRUST, à Marmora (Ontario) et dans les mines Bristol, au Québec, ainsi que les données fournies par les travaux d'abattage à l'explosif effectués dans la carrière d'Ogden Point, au bord du lac Ontario. On en a conclu que les sources d'erreurs les plus flagrantes étaient : a) les biais systématiques résultant des diverses combinaisons de stations sismographiques qui ont changé dans le temps; b) la qualité des données d'entrée et l'uniformité dans la détermination de facteurs de pondération; c) les variations dans la couverture assurée par une station et, de là, dans les seuils de détection dans le sud de l'Ontario; et d) à un moindre degré, les modèles de propagation des ondes dans la croûte terrestre.

Dans la seconde étape du travail, on a utilisé une technique de localisation appelée «détermination combinée des hypocentres» [Joint Hypocenter Determination (JHD)] pour mieux situer un groupe de 67 épisodes correctement enregistrés, surtout dans la région plus active située près de la rivière des Outaouais et dans l'ouest du Québec. La troisième étape, qui consistait à déterminer à nouveau l'emplacement d'épisodes de moindre envergure, décelés de façon moins fiable dans le sud de l'Ontario, était basée sur l'emploi d'un nouvel algorithme, HYPOCENTRE, qui s'est avéré très efficace et flexible pour traiter des épisodes naturels et des épisodes provoqués par des explosions en lieu donné. Les résultats montrent que cette dernière technique, utilisée avec visualisation des données et correction de phase, peut donner des solutions avec un degré de précision supérieur à ± 2 km, comparativement à des incertitudes de l'ordre de ± 30 km durant la localisation habituelle des épïcètres à proximité du lac Ontario.

Une interprétation préliminaire de la sismicité relevée dans la région étudiée montre que les séismes d'intensité 3 et plus tendent à suivre les lignes préférentielles de susceptibilité sismique, qui peuvent à leur tour être déterminées par des plans de moindre résistance à l'intérieur de la croûte terrestre. Ces lignes de susceptibilité hypothétique coïncident avec les directions structurales dominantes nord-ouest et nord-est. En cherchant à définir les dimensions de ces plans de moindre résistance, on aide à définir les propriétés des sources sismiques réelles, ce qui permettra ensuite de délimiter le potentiel sismique, y compris les intensités à la limite supérieure (M_{max}) qui constituent des paramètres essentiels d'entrée en vue de l'analyse des risques sismiques. Dans le cas des séismes d'intensité inférieure à 4 survenus avant 1970, et de microséismes (M_3) survenus près du littoral du lac Ontario, le travail de détection n'a pas été suffisant pour que l'on puisse déjà discuter de façon concluante des emplacements et des mécanismes des séismes. Néanmoins, on ne peut ignorer, à cette étape-ci, l'apport des mécanismes de déclenchement dus à des pressions transitoires causées par les fluctuations de l'eau souterraine et les fractures hydrauliques qui s'ensuivent.

Il est recommandé de procéder à une étude sismique de chacun des principaux sites de construction du sud de l'Ontario. Chacune de ces études devrait inclure : 1) un nouvel examen de tous les sismogrammes originaux dont on dispose sur les épisodes sismiques ayant eu lieu dans un rayon de 300 km, afin que l'on puisse raffiner les localisations des séismes et, dans certains cas, réduire les données utilisées dans les calculs servant à la redétermination des sites des séismes; et 2) le monitoring des microséismes locaux à l'aide d'une vaste gamme de sismographes afin que l'on puisse vérifier les propriétés de la source sismique et élaborer les limites appropriés pour la génération et la récurrence de séismes d'une plus grande intensité.



5. RAPPORTS SOUMIS à L'AMNEC

En janvier, la station TBO est devenue la deuxième du réseau de l'EACL et la station HUO (maintenant appelée SOO) a été déplacée en juin, à cause de problèmes de recrutement d'un opérateur. On a modifié dans la station EEO le post sismologique extérieur pour lui donner un format Mark III au mois d'octobre et pour élargir sa gamme dynamique. Malgré quelques problèmes de remplacement de l'opérateur de la station et des problèmes d'équipement (surtout à la station TBO), on a jugé que le fonctionnement global du réseau de l'EACL était bon. On indique dans le tableau 3 le rendement (temps d'enregistrement/temps possible d'enregistrement de chaque station, et dans le tableau 4, les coordonnées et l'altitude des stations qui fonctionnaient le 30 décembre 1987.

TABLEAU 4.15.1

SÉISMES RÉGIONAUX LOCALISÉS

janvier à décembre 1987

DATE (1987)	HEURE (TU)	LATITUDE (nord)	LONGITUDE (ouest)	INTENSITÉ (mn)
27 fév	03:49	48°90'	92°29'	2,6
7 mars	12:06	46°48'	80°22'	2,8
10 mars	11:49	46°29'	80°18'	2,8
5 avril	07:27	51°72'	82°75'	3,6
26 avril	00:55	48°10'	81°65'	2,1
20 mai	14:29	53°40'	78°73'	2,8
6 juin	14:24	48°96'	82°15'	2,1
7 juin	19:52	46°71'	77°99'	2,2
6 juillet	07:14	48°60'	98°88'	2,7
17 août	01:32	46°87'	78°90'	3,2
17 août	10:36	53°38'	88°57'	3,0
22 août	05:42	52°82'	88°42'	2,6
27 août	00:32	47°76'	80°63'	2,0
9 septembre	22:26	46°93'	78°13'	2,2
17 octobre	19:29	51°21'	85°25'	3,2
29 octobre	13:59	51°15'	85°24'	3,1
6 décembre	08:05	48°12'	83°34'	2,3
20 décembre	07:52	48°72'	80°30'	2,7
25 décembre	15:37	51°84'	82°83'	2,9

4.15 ACTIVITÉ SISMIQUE DANS LE NORD L'ONTARIO EN 1987

Wetmiller, R.J.,* Cajka, M.**

* Commission géologique du Canada, ** L'Énergie Atomique du Canada, Limitée

La présente étude traite brièvement de l'activité sismique qui s'est déroulée dans le nord de l'Ontario de janvier à décembre 1987. On a pu largement localiser ces épisodes grâce aux installations supplémentaires fournies par l'Énergie Atomique du Canada, Limitée (EACL) à la Commission géologique du Canada (CGC) pour observer la sismicité du Bouclier précambrien.

En 1987, on a localisé dans la région en question 19 séismes dont on a résumés dans le tableau 1. L'épisode le plus important avait une intensité de 3,6 et a eu lieu entre les rivières Albany et Stooing dans la région de la baie James, dans le nord de l'Ontario.

Au nord de 50° de latitude nord, on a signalé six épisodes survenus à grande distance les uns des autres dans le nord de l'Ontario, entre le Québec et le Manitoba. Il semble que la distribution ait été aléatoire et ne soit pas liée à l'existence de zones sismiques reconnues.

Au sud de Kapuskasing (KAO) entre 80 et 85° de longitude ouest et 47 et 49° de latitude nord, on a distingué un ensemble de cinq épisodes et l'on a reporté sur la carte deux autres épisodes à l'est du réseau sismographique de télémétrie de la région de Sudbury (RTRS). Il est plus difficile d'identifier ces épisodes comme des séismes, car il est toujours possible que les épisodes sismiques ayant pour origine ces secteurs soient liés à des activités minières. Toutefois, on a cherché à déterminer la source des épisodes, en particulier de ceux survenus à des moments inhabituels ou dépassant une intensité de 2,5; les épisodes énumérés dans cette liste sont, à notre connaissance, des séismes naturels.

On estime que trois épisodes survenus à l'est d'Eldee (EEO) présentent un rapport avec la zone sismique occidentale du Québec, active pendant les temps historiques.

La dernière région à signaler se trouve au sud du post d'observation de Sioux (SOC) où ont eu lieu deux événements de faible envergure dans une région manifestant peu d'activité sismique au cours des temps historiques.

Les coups de toit se sont poursuivis pendant toute l'année 1987; les événements d'une intensité de 2,5 et plus sont énumérés au tableau 3. Pour mieux déceler les séismes dans le bassin de Sudbury, on a installé un réseau de télémétrie comportant trois stations, le RTRS, subventionné dans le cadre du programme de recherche réalisé conjointement par le Canada, l'Ontario et le secteur minier relativement aux coups de toit. Les trois stations supplémentaires ont permis d'améliorer de façon significative les possibilités de détection et de localisation dans ce domaine.

TABLEAU 4.15.3

POURCENTAGE DE RENDEMENT DES STATIONS DE L'EACL EN 1987*

KAO	91,6
TBO	88,4
GTO	99,4
HUO	99,6**
SOO	99,4**
EEO	93,4

* En raison du temps nécessaire pour modifier les enregistrements, 99,8% est un coefficient optimal.

** Chaque station a fonctionné environ 6 mois.

TABLEAU 4.15.4

STATIONS FINANÇÉES PAR L'EACL EN DÉCEMBRE 1987

STATION		LATITUDE NORD	LONGITUDE OUEST	ALTITUDE (en mètres)
ULM	Lac du Bonnet	50°2499'	95°8750'	281
SOO	Sioux Lookout	50°0762'	91°8880'	358
GTO	Geraldton	49°745'	86°692'	350
KAO	Kapuskasing	49°448'	82°485'	198
TBO	Thunder Bay	48°6473'	89°4083'	468
EEO	Eldee	46°6411'	79°0733'	398

TABLEAU 4.15.2

ENREGISTREMENT DES COUPS DE TOIT D'INTENSITÉ 2,5 ET PLUS

janvier à décembre 1987

DATE (1987)	MINE	LIEU	INTENSITÉ (mm)
28 mars	Copper Cliff N	Sudbury	2,9
27 avril	Macassa	Kirkland Lake	2,5
1 ^{er} mai	Strathcona	Sudbury	2,5
14 mai	Creighton	Sudbury	2,7
22 août	non confirmé	Sudbury	2,6
28 août	Creighton	Sudbury	2,5
1 ^{er} sept	Copper Cliff N	Sudbury	2,7
6 octobre	Strathcona	Sudbury	2,6
14 octobre	Strathcona	Sudbury	2,7
16 octobre	Creighton	Sudbury	2,7
27 octobre	Creighton	Sudbury	3,6
2 novembre	Fraser	Sudbury	2,5
14 novembre	Copper Cliff N	Sudbury	2,7
5 décembre	Copper Cliff N	Sudbury	2,7
11 décembre	Denison	Elliot Lake	2,7
23 décembre	Copper Cliff N	Sudbury	2,6
29 décembre	Copper Cliff N	Sudbury	2,6

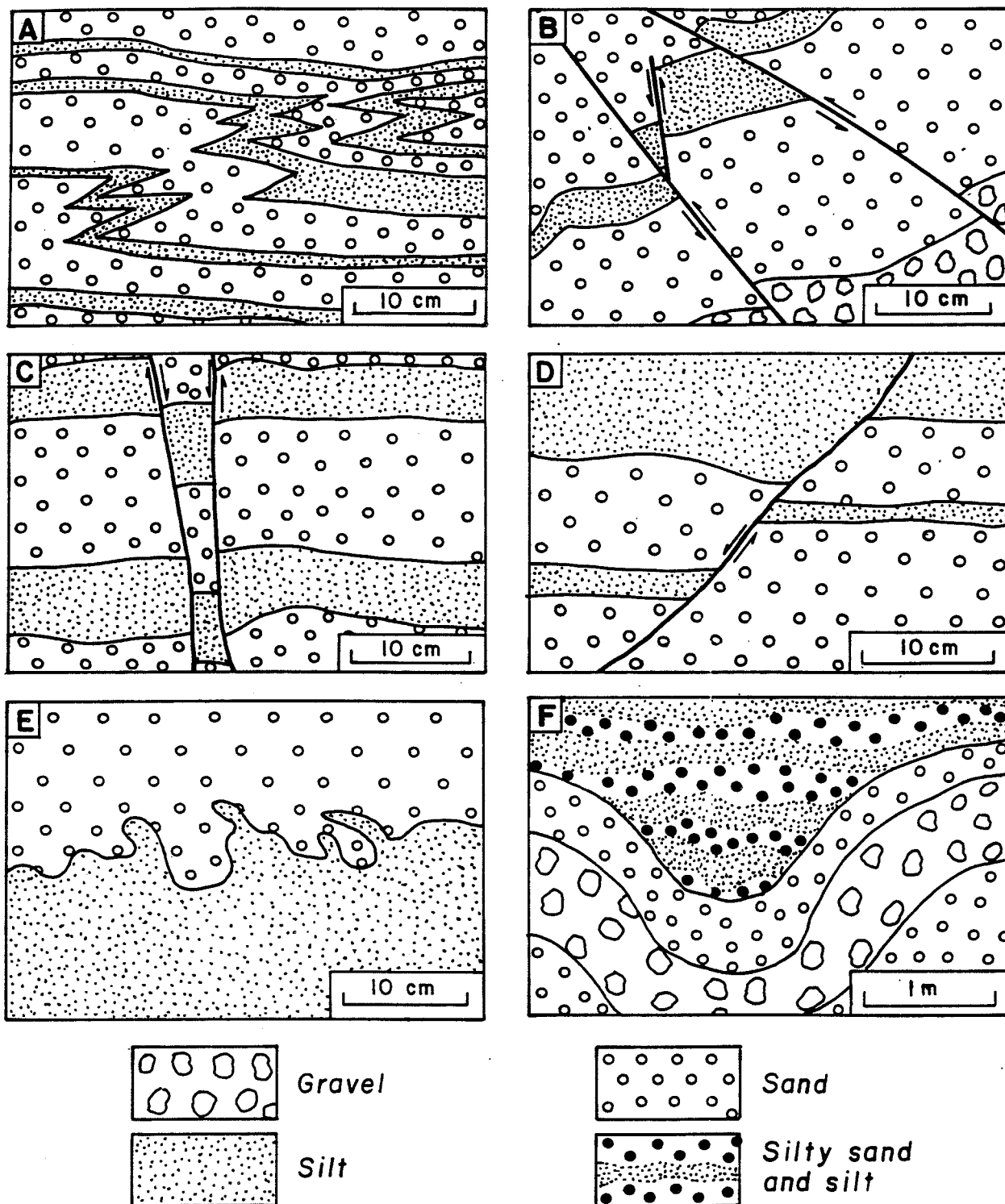


Figure 4.14.1 Plis isoclinaux (A), failles renversées (B), fossé tectonique (C), faille normale (D), structures en flamme (E), dans les dépôts glaciogluviaux de la région de la baie Passamaquoddy et dans la structure d'effondrement (F) de la région de Rollingham.

4.14 DÉFORMATION DES DÉPÔTS QUATÉRNAIRES DU SUD-OUEST DU NOUVEAU-BRUNSWICK :
- POSSIBILITÉS D'EFFETS NÉOTECTIONIQUES

Ruitenberq, A.A.

Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick

Les sismologues des États-Unis et du Canada ont signalé l'existence d'une activité sismique dans la région de la baie Passamaquoddy, dans le sud-est du Maine et le sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Les récents travaux accomplis par les chercheurs américains, c'est-à-dire les nivellements de précision et l'étude des deltas glaciomarine, des marais littoraux, des anciens chantiers de construction navale et les amas de coquilles laissés par les Indiens, laissent supposer que la région de la baie Passamaquoddy subit un affaissement à la vitesse de 9 mm par année. On a conçu l'étude en cours de façon à déterminer si cette activité tectonique produit des structures identifiables dans des dépôts alluviaux plus récents. Si l'on y parvient, on disposera d'une méthode rapide pour définir les secteurs présentant des risques sismiques élevés. Ceci est d'autant plus important que des études faites par des chercheurs iraniens (communication personnelle d'A.A. Mohajer) ont démontré que certaines zones de risque élevé pouvaient être inactives pendant des périodes atteignant 700 ans.

Durant l'été 1987, on a choisi quatre grandes carrières de gravier pour commencer l'étude. On a constaté que plusieurs coupes de terrains contenaient des plis étroits à isoclinaux bien développés, des failles normales et inverses dans des limons et sables fluvioglaciaires, et des dépôts d'argile varvée post-glaciaire (figure la-d). La disposition et l'orientation des plis laisse supposer qu'ils découlent d'un cisaillement subparallèle au litage. Dans ces sédiments, l'orientation des failles normales et inverses est la même que celle des failles régionales traversant le socle, et contraste avec celles des failles irrégulières dues aux glissements en forme de loupe que produit dans le secteur la fonte des glaçons (figure lf). Les injections de limons le long des failles normales et inverses et les structures en flamme (figure le), localement bien développées dans ces lits, nous indiquent que cette déformation a coïncidé avec l'assèchement causé par une surcharge rapide du terrain. Il est possible que cette surcharge ait été causé par les phénomènes d'affaissement et le chevauchement par les glaces des glaciers, ou les deux. La présence simultanée de plis de cisaillement et de failles inverses créés par des phénomènes de compression, et de failles normales liées à des phénomènes de dilatation, concorde avec la distribution des contraintes habituelles lors des affaissements et éboulements. Les glissements ont peut-être été déclenchés par des séismes centrés suivant les grandes zones de failles. Il est aussi possible que les failles normales et inverses aient des âges différents, mais on n'a trouvé aucun indice permettant d'établir un lien avec les recoupements par des failles.

En collaboration avec le secteur minier, on a identifié à l'emplacement de chaque mine les tirs de mine et coups de toit. Après les avoir confirmés, on entrepose les données sur les coups de toit dans la base de données canadienne sur la sismicité et les séismes. La Division de géophysique publie des rapports trimestriels complets et détaillés sur l'ensemble des coups de toit survenant dans l'est du Canada. Le RIRS permet maintenant d'enregistrer plus de 600 épisodes sismiques chaque mois. De 350 épisodes ayant leur origine dans la région de Sudbury, il est possible d'en localiser environ 175. La plupart sont associés aux tirs de mine. On localise chaque mois environ 10 coups de toit provenant des mines du bassin de Sudbury. L'intensité minimale que l'on peut déceler complètement se situe aux environs de 1 et dépend de l'emplacement de mines par rapport au réseau de télémétrie.

4.13 LE RÉSEAU SISMOGRAPHIQUE DE TÉLÉMÉTRIE DE LA RÉGION DE SUDBURY

Plouffe, M.,* Cajka, M.G.,** Wetmiller, R.J.,*** et Andrew, M.D.***

* Centre canadien de télédétection, ** L'Energie Atomic du Canada, Limitée

*** Commission géologique du Canada

Le bassin de Sudbury est l'un des grands centres miniers du Canada où l'on exploite principalement le nickel et le cuivre. Depuis les années trente, de nombreuses mines de la région ont dû faire face à les problèmes de coups de toit. Au cours des quatre dernières années, les coups de toit ont fait quatre victimes et coûté 200 millions de dollars en dommages matériels et production perdue.

Pour prévenir d'autres accidents et pertes de production, on a créé en 1984 le projet d'étude conjointe entre le Canada, l'Ontario et le secteur minier sur les coups de toit. L'un des principaux objectifs du projet était d'accroître la sécurité et la productivité dans les mines grâce à une meilleure surveillance des coups de toit. Pour atteindre ce but, on a créé un réseau sismographique régional, le Réseau de télémétrie de la région de Sudbury (RTRS), pour observer l'activité sismique dans 15 mines situées dans un rayon de 50 km à partir du bassin.

Le réseau a été mis au point par la Division de géophysique qui utilise la même sorte de sismographes numériques de haute résolution que ceux du Réseau de télémétrie de l'est du Canada (RTEC) pour surveiller l'activité sismique. Ce système a commencé à fonctionner à l'automne 1984 avec un poste extérieur (SUO). En 1986, on a introduit un poste extérieur (SZO) et complété l'installation SWO en 1987.

Ces trois postes se subdivisent en deux composantes, un sismomètre Teledyne-Geotech S13 à un sel élément et un module de numérisation de 60 Hz. La résolution est de 2nm/s, ce qui équivaut à la détection d'un épisode d'intensité 1, à 100 km de distance. La gamme de fréquences est de 1 à 16 Hz, avec une gamme dynamique de 126 dB ou une intensité d'environ 6. Ces postes extérieurs sont reliés par des lignes téléphoniques spécialisées à une installation centrale de traitement située à Science North, le Musée des sciences de Sudbury, qui constitue une exposition intéressante pour le public. A cet endroit, un processeur PDP 11/73 reçoit continuellement toutes les données et conserve les fichiers des épisodes provoqués avec un simple algorithme STA/LTA relatif au déclenchement. L'ordinateur PDP 11/73 dispose d'une mémoire à disques de 110 méga-octets, qui équivaut à des fichiers couvrant deux mois d'épisodes sismiques. L'ordinateur entrepose quotidiennement les données sur les épisodes et assure un contrôle visuel continu de chaque poste à Science North. Chaque jour, tous les fichiers d'épisodes sismiques provoqués du RTRS sont transférés au processeur du TREC, à Ottawa.

L'ordinateur RTEC de type VAC-11/750 est le principal ordinateur utilisé pour l'analyse courante des séismes à la Division de géophysique où les données sont fusionnées avec les données quotidiennes du RTEC et intégrées à celles-ci. L'ordinateur VAC offre aux analyses une variété d'algorithmes de traitements interactifs. Le programme moniteur d'analyse sismologique (SAM) permet de visualiser et de filtrer les formes d'ondes, de choisir leur échelle et de créer des fichiers IK. Le sous-programme de localisation des épisodes locaux (LOC) permet de calculer l'hypocentre et les paramètres d'intensité. Il existe d'autres sous-programmes pour analyser et distinguer les mécanismes P-nodaux et les propriétés des sources sismiques.

Bibliographie

Mohajer, A.A.

1987: Reappraisal of the seismotectonics of southern Ontario; Report to Ontario Hydro, 81 pp.¹

¹ Voir la Section 5 de ce rapport pour plus de détails

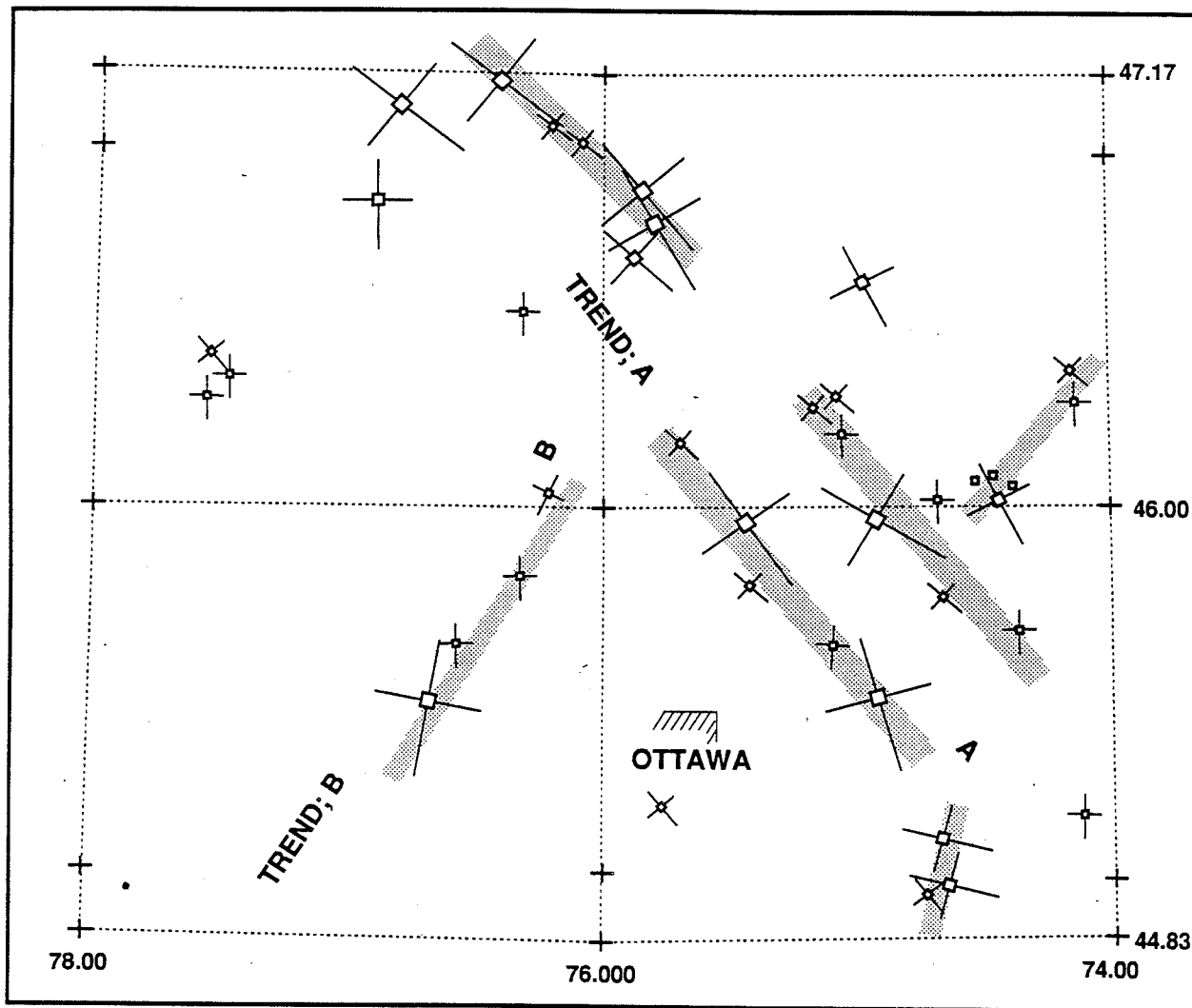


Figure 4.12.1 Détermination des épacentres combinés de certains tremblements de terre dans la zone sismique de l'ouest du Québec. Les barres d'erreur montrent des limites de fiabilité de 90% des sites recalculés.

4.12 RÉÉVALUATION DE LA SISMOTECTONIQUE DU SUD DE L'ONTARIO

PROJET 1:

"NOUVELLE DÉTERMINATION DE L'EMPLACEMENT DES SÉISMES ET DES TENDANCES DE LA SISMICITÉ"

Mohajer, A.A.

Expert-conseil en géophysique

L'objectif fondamental de la présente étude est d'examiner et d'améliorer la base de données sismologiques qui permettront d'évaluer de façon plus objective les risques sismiques auxquels est exposé le sud de l'Ontario. On a procédé dans ce but aux étapes qui suivent.

Tout d'abord, on a identifié dans les fichiers les types d'erreurs relatives à l'emplacement des séismes et l'on a examiné les sources d'incertitudes et présenté une analyse des susceptibilités d'erreurs aux différents paramètres. Pour réaliser cette analyse et pour calibrer les modèles des vitesses de propagation des ondes dans la croûte terrestre, on a utilisé les données enregistrées en 1982 lors des explosions expérimentales faites dans le cadre du programme sismique COCRUST, à Marmora (Ontario) et dans les mines Bristol, au Québec, ainsi que les données fournies par les travaux 'abattage à l'explosif effectués dans la carrière d'Ogden Point, au bord de lac Ontario. On en a conclu que les sources d'erreurs les plus flagrantes étaient : les biais systématiques résultant des diverses combinaisons des stations sismographiques, la qualité des données d'entrée, les variations de la couverture des stations et les modèles de propagation des ondes dans la croûte terrestre.

Dans la seconde étape du travail, on a utilisé une technique de localisation appelée détermination combinée des hypocentres [Joint Hypocenter Determination (JHD)] pour mieux situer un group de 67 épisodes correctement enregistrés, surtout dans la région plus active située près de la rivière des Outaouais. La troisième étape, qui consistait à déterminer à nouveau l'emplacement d'épisodes de moindre envergure, décelés de façon moins fiable dans le sud de l'Ontario, était basée sur l'emploi d'un nouvel algorithme, HYPOCENTRE, qui s'est avéré très efficace et flexible pour traiter des épisodes naturels et des épisodes provoqués par des explosions en un lieu donné. Les résultats montrent que cette dernière technique, utilisée avec visualisation des données et correction de phase, peut donner des solutions avec un degré de précision à environ 2 km près, comparativement à des incertitudes de l'ordre d'environ 20 km durant la localisation habituelle des épicesentres à proximité du lac Ontario.

Une interprétation préliminaire de la sismicité relevée dans la région étudiée montre que les séismes d'intensité 3 et plus tendent à suivre les lignes préférentielles de susceptibilité sismique, qui peuvent à leur tour être déterminées par des plans de moindre résistance à l'intérieur de la croûte terrestre. Ces lignes de susceptibilité hypothétiques coïncident avec les directions structurales dominantes nord-ouest et nord-est. En cherchant à définir les dimensions de ces plans de moindre résistance, on aide à définir les propriétés des sources sismiques réelles, ce qui permettra ensuite de délimiter le potentiel sismique, y compris les intensités à la limite supérieure (M_{max}) qui constituent des paramètres essentiels d'entrée en vue de l'analyse des risques sismiques. Dans le cas des séismes d'intensité inférieure à 4 survenus avant 1970, et de microséismes (M_3) survenus près du littoral du lac Ontario, le travail de détection n'a pas été suffisant pour que l'on puisse déjà discuter de façon concluante des emplacements et des mécanismes des séismes.

Dans la région explorée, la surface actuelle du sol présente de longues dépressions linéaires orientées de la même façon que le réseau régional de diaclases. Il existe aussi de nombreuses dépressions subcirculaires contenant des tourbières et marécages qui sont peut-être le résultat de la dissolution ou de l'effondrement du karst, ou des deux phénomènes à la fois.

L'interprétation préliminaire des observations *in situ* indique que les processus géologiques ont donné lieu à des relations complexes entre la structure de la roche de fond et celle des dépôts quaternaires. Les éléments structuraux et anomalies que l'on a décrits plus haut sont le résultat de rajeunissement et de la modification de zones de moindre résistance d'origine paléotectonique par l'activité glaciaire et post-glaciaire, ainsi que par des processus géologiques actuels, y compris l'activité néotectonique.

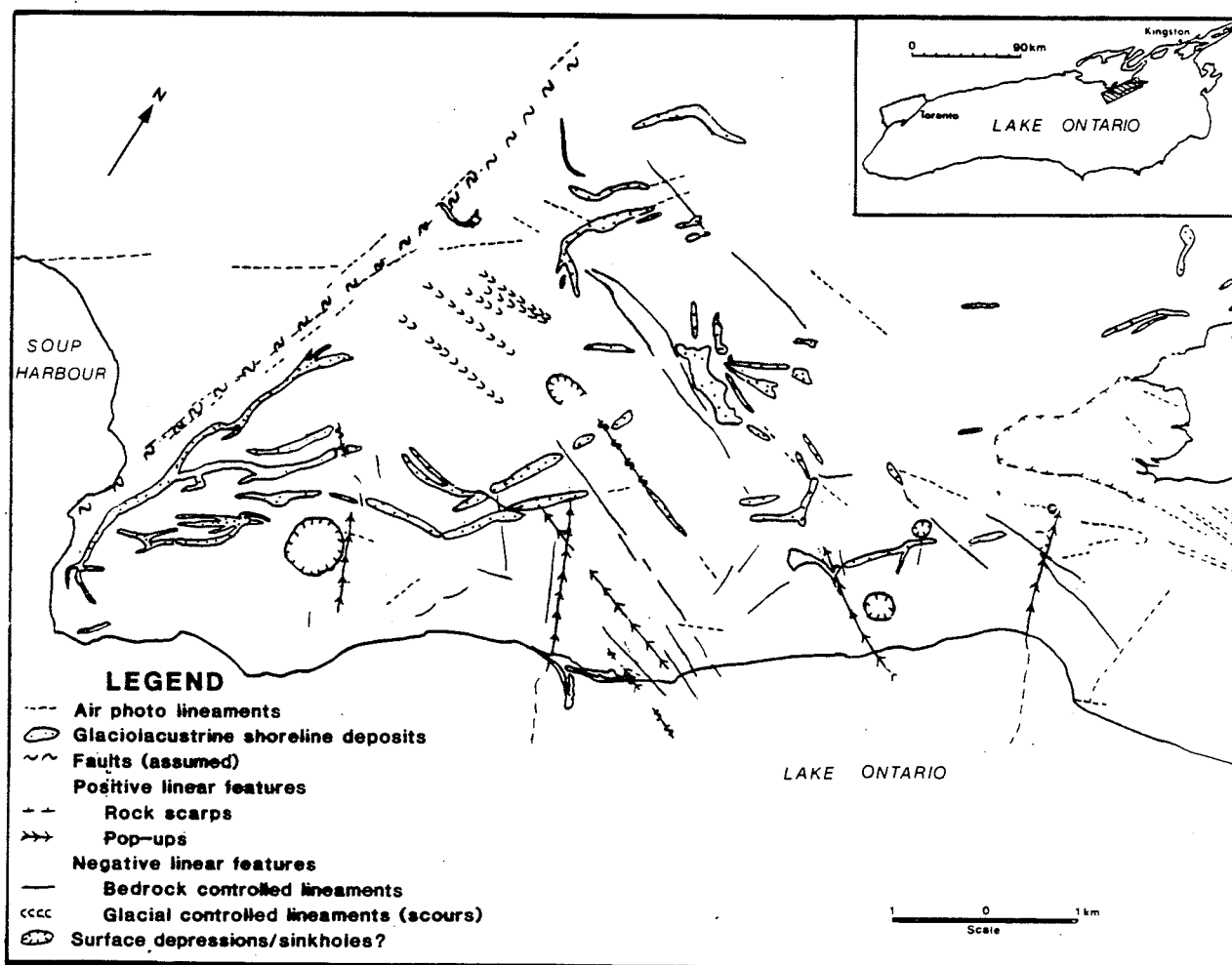


Figure 4.11.1 Distribution de caractéristiques géologiques choisies dans la région d'essai du comté Prince Edward, dans le sud de l'Ontario.

4.11 ÉTUDES DES ÉLÉMENTS NÉOTECTONIQUES CARACTÉRISANT LE COMTÉ DE PRINCE EDWARD DANS LE SUD DE L'ONTARIO

McFall, G.H.,* Gorrell, G.A.,** White, O.L.,* Barnett, P.J.*

* Commission géologique de l'Ontario ** Expert-conseil en géologie

La présente étude a pour but d'examiner et de relever les éléments néotectoniques qui pourraient exister dans la région prospectée du comté de Prince Edward, où portent principalement les recherches effectuées pour le compte du programme AMNEC dans le sud de l'Ontario (voir figure 1). La région explorée se situe à l'extrémité méridionale des cantons d'Athol et de South Marysburg, et englobe une région de 100 km² limitée par le littoral du lac Ontario et 43°56' de latitude nord, et 77°12' et 77°03' de longitude ouest. Le sous-sol de cette région contient des roches d'âge ordovicien moyen, qui reposent en discordance sur le socle précambrien et sont recouvertes par un mince placage de dépôts quaternaires. On a entrepris en 1987 un programme d'études de terrain pour examiner dans cette région la géologie du quaternaire et du Paléozoïque, et pour vérifier au sol les linéations et tracés identifiés par des valeurs de teinte sur des photographies aériennes infrarouges en fausses couleurs de l'Ontario Centre for Remote Sensing (Centre de télédétection de l'Ontario) et sur des photographies aériennes en noir et blanc.

Les calcaires de la formation de Lindsay constituent une grande partie de la surface de la roche solide dans toute la région. En examinant les affleurements de roche en place, on a noté diverses structures. Un grand nombre de ces structures sont associées au réseau régional de diaclases; le plus souvent, les diaclases ont pour orientations 80°, 130° et 150° et plus rarement d'autres valeurs. Les diaclases ouvertes forment des crevasses de quelques millimètres à 30 cm de largeur dans toute la région. On sait qu'il existe une faille importante dans la partie occidentale de la région (voir figure 1). Il est possible qu'il y ait d'autres failles, comme le suggère l'existence de diaclases comblées par de la calcite et montrant des déplacements horizontaux, et l'existence de surfaces de glissement le long de ces diaclases, ainsi que la présence de calcite cisillée et de matériaux broyés dans la zone axiale d'un soulèvement du terrain. On a mesuré les affleurements de la roche de fond à l'emplacement de six soulèvements et de plusieurs zones de gauchissement du terrain. On a observé de petits plissements à proximité d'un soulèvement et parallèlement à celui-ci.

Les dépôts du Quaternaire comprennent divers tills, dépôts glaciolacustres littoraux et du large, et des sédiments fluviatiles fluvioglaciaires et postglaciaires. On a mesuré deux groupes de stries; les premières ont une direction moyenne de 293° environ, les secondes, une direction moyenne de 255°. On a observé le long des linéaments préférentiels des déplacements latéraux des stries et des interruptions de celles-ci. On a cartographié six niveaux de littoral, soit 85, 88, 91, 98 et 101 m au-dessus du niveau de la mer. On a constaté que le littoral initialement continu était interrompu en des endroits où de grands linéaments le recoupaient (voir figure 1). On a observé des failles inverses à l'intérieur des sédiments glaciolacustres. Certaines diaclases agrandies contenaient des sédiments glaciaires triés et non triés, et l'on a noté une érosion de la surface de la roche en place par des eaux de fonte des glaciers, en même temps que la présence de dépôts fluviatiles et de tills.

4.10 ÉTUDES GÉOPHYSIQUES DE LA ZONE MÉDISÉDIMENTAIRE CENTRALE DANS LA PROVINCE DE GRENVILLE (QUÉBEC ET NORD DE L'ÉTAT DE NEW YORK)

Forsyth, D.A.,* Thomas, M.D.,* Real, D.,** Abinett, D.,* Broome, J.,* Halpenny, J.*
* Commission géologique du Canada, ** Université d'Ottawa

On a pu, en corrélant les données aéromagnétiques, gravimétriques et sismologiques régionales présentes sur les marges et le long des marges de la zone médisédimentaire central (ZMC), poursuivre des structures sous-jacentes à la couverture sédimentaire au sud. On a étudié, en comparant les éléments physiques et géologiques, les détails suivants : (1) les prolongements de la zone limitrophe de la ZMC, qui sont exposés au nord-est et couverts au sud-ouest, entre la ZMC et la zone gneissique centrale, (2) la continuation de la zone (mylonitique) de Charthage-Colton-Labelle le long de la bordure orientale de la ZMC; (3) la structure énigmatique et sismogénique de Clarendon-Linden dans la partie centrale du lac Ontario, et sa continuation possible sous forme de limite entre lest terranes des basses terres d'Elzevir et Frontenac et de New York; (4) la limite des sous-domaines et les principales structures internes.

On a identifié, d'après la distribution des anomalies aéromagnétiques, l'extrémité septentrionale d'une nouvelle subdivision du sud-ouest de la province de Grenville, et une grande zone de corps plutoniques présents dans la partie centrale de ZMC. La distribution relativement continue des anomalies magnétiques dans la ZMC, qui résulte principalement de caractères de la lithologie et de la structure à faible profondeur, est discordante par rapport aux zones de gradients gravimétriques probablement créés par une structure dense à plus grande profondeur. L'existence de cette discordance en même temps que la puissance supposée de 4 à 5 km du supergroupe de Grenville (d'après l'interprétation des modèles gravimétriques et les indices géologiques et sismologiques présents dans le socle de Grenville, d'un chevauchement dirigé vers le nord-ouest, indiquent peut-être que, en grande partie, l'assemblage médisédimentaire est allochtone.

La variation régionale de la disposition des structures cartographiées, qui plongent faiblement vers l'ouest et deviennent presque verticales à l'est, concordent avec la corrélation plus directe établie entre les anomalies du champ potentiel et les éléments géologiques à l'est. À l'ouest de la ZMC, la disposition des structures peu profondes et la dislocation en profondeur de la structure de forte densité causant l'anomalie pourraient expliquer la divergence entre la zone de gradients, limitrophe et située à l'ouest, et la zone limitrophe extérieure au tronçon Bancroft-rivière des Outaouais.

Le lien entre la ZMC et le champ gravimétrique régional positif est évident. La plus grande profondeur du Moho au-dessous de l'ouest de la ZMC, déterminée par des études de sismique-réfraction, indique peut-être que la maximum gravimétrique reflète l'augmentation de la densité provoquée par la collision des continents, à la limite entre la croûte inférieure et le manteau supérieur.

4.9 INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE DE LA GÉOPHYSIQUE RÉGIONALE CARACTÉRISANT LA ZONE MÉTASÉDIMENTAIRE CENTRALE

Forsyth, D.A.,* Moore, J.M.,** Abbinett, D.,* Halpenny, J.*
* Commission géologique du Canada, ** Université Carleton

Il existe une bonne corrélation entre les données aéromagnétiques et gravimétriques nouvellement compilées à l'échelle de 1/1 000 000 et les principaux éléments structuraux exposés sur les marges et le long des marges de zone métasédimentaire centrale (ZMC). Ceci permet de suivre des éléments structuraux au-dessous de la couverture sédimentaire paléozoïque. Les conclusions préliminaires sont les suivantes : (1) la zone mylonitique de Carthage-Carleton est la continuation des mylonites de Labelle qui forment la frontière orientale de la ZMC au Québec; (2) la limite entre les terranes des basses terres d'Elzevir et Frontenac et celles de New York, et une zone mylonitique régionale dans l'est du terrain d'Elzevir, peuvent être suivies vers le sud au-dessous du lac Ontario jusque dans la structure de Clarendon-Linden, qui constitue un élément sismogénique associé à la présence des failles de direction nord-sud dans le nord de l'État de New York; (3) la zone limitrophe de la frontière occidentale de la ZMC est une structure complexe sans signature aéromagnétique caractéristique; (4) il semble que la zone limitrophe de la ZMC se prolonge vers le sud au-dessous de la région de Toronto, où elle rencontre d'importantes zones d'anomalies de grande amplitude et de courtes longueurs d'ondes. Régionalement, cette zone a une direction sud-ouest, vers la projection sud du front de Grenville, (5) des anomalies magnétiques positives circulaires, qui constituent une grande zone allant du terrain d'Elzevir en direction sud jusqu'à l'est du lac Érié, rappellent fortement des structures que l'on a corrélées avec des plutons syénitiques de l'ouest du Québec, mis en place durant une phase tectonique tardive, il y a environ 1,1 million d'années.

Les directions des anomalies magnétiques relativement continues, dont les sources se trouvent à faible profondeur, sont recoupées par des gradients gravimétriques régionaux que l'on attribue à la présence d'une structure plus profonde. Cette discordance, de même que l'épaisseur de la succession supracrustale (4 à 5 km), déduite de la modélisation d'après les données gravimétriques, et les nombreuses indications d'un chevauchement nord-ouest sur les bords de la ZMC et dans la zone gneissique centrale adfacente, suggèrent qu'une grande partie de la ZMC est de type allochtone.

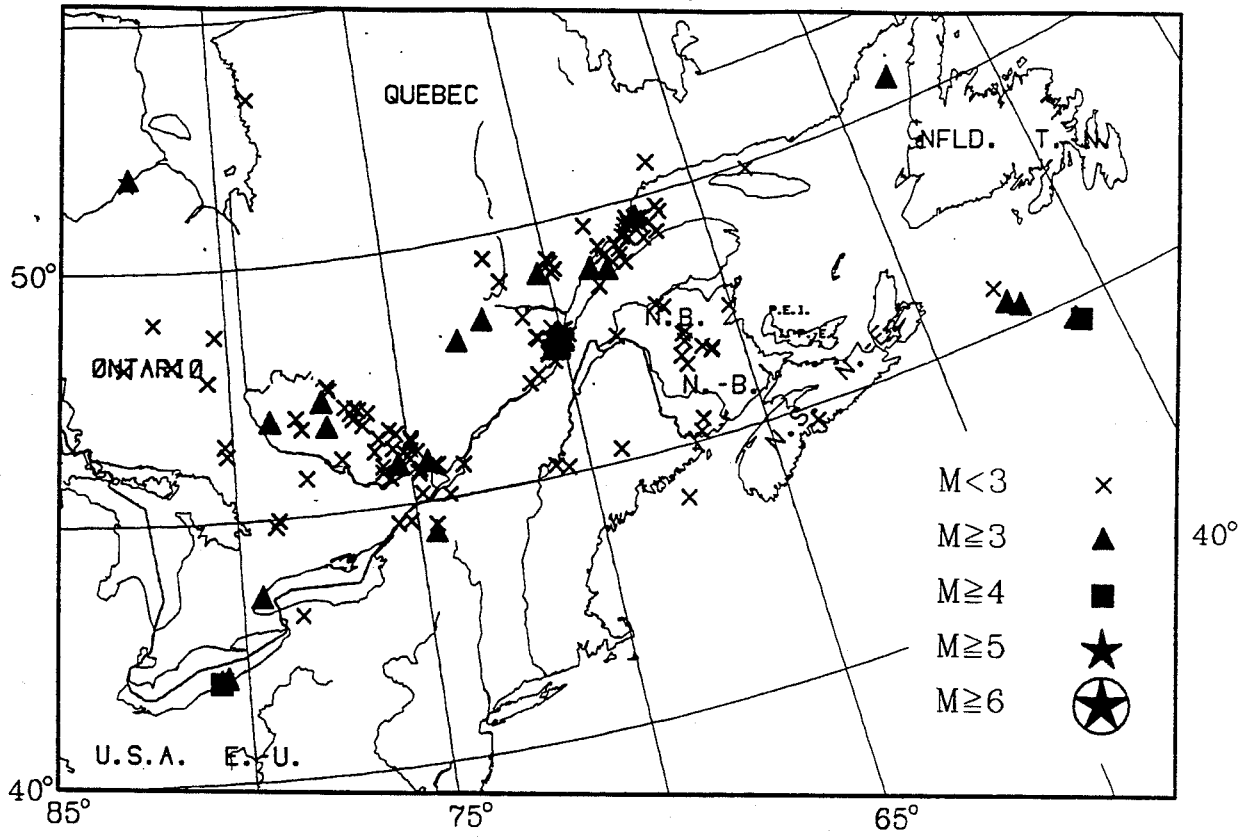


Figure 4.8.1 Activité sismique dans l'est du Canada depuis 1987

4.8 ACTIVITÉ SISMIQUE DANS L'EST DU CANADA DEPUIS 1987

Drysdale, J.
Commission géologique du Canada

On dispose de données provisoires provenant de la Division de géophysique de la Commission géologique du Canada à propos de 246 séismes localisés durant l'année 1987 dans l'est du Canada ou à proximité. La figure 1 montre que l'activité sismique continue d'être la même que par les années passées et se limite principalement aux zones sismiques identifiées de l'Outaouais, de Charlevoix (Québec), du bas Saint-Laurent (Québec), de Miramichi (Nouveau-Brunswick) et du talus des Laurentides. Vingt-six épisodes ont atteint une magnitude de 3 ou plus. L'épisode le plus important enregistré, d'une magnitude de 4,2 a eu lieu le 26 juin 1987 sur le talus des Laurentides. Le seul autre tremblement de terre, d'une magnitude de 4, indiqué à la figure 1, est survenu le 13 juillet près d'Ashtabula (Ohio) et a été suivi de nombreuses répliques. Cet épisode d'une magnitude de 4,9, centré près de Lawrenceville (Illinois), a été ressenti sur une grande étendue de États-Unis et dans le sud de l'Ontario jusqu'à Owen Sound au nord et jusqu'à Toronto à l'est. Cet épisode a été suivi de plusieurs répliques pendant quelques mois.

L'un des éléments les plus importants survenus au Canada, mais qui n'a atteint qu'une magnitude de 3,4, a eu lieu le 23 juillet 1987 à l'extrémité occidentale du lac Ontario. Cette région est une zone de faible activité sismique. Cette secousse a été ressentie à Toronto, Burlington, Stoney Creek, Guelph, St. Catharines et Mississauga (Ontario). Le dernier épisode localisé auparavant dans la même région s'était produit le 12 janvier 1986 et avait une magnitude de 2,8. On doit aussi signaler un séisme d'une magnitude de 3,4 survenu dans le détroit de Belle-Isle entre Terre-Neuve et l'est du Québec le 11 décembre 1987. Très peu de séismes ont été décelés jusque là dans cette région.

Sur le versant oriental de la vallée de la rivière du Gouffre, immédiatement au-dessus de Baie-Saint-Paul, apparaît une terrasse longue et large, inclinée vers le nord de 2 à 3° par rapport à l'horizontale. Elle est scindée en deux moitiés sur sa longueur et forme deux gradins comme si elle avait été traversée par une faille. On n'a pas encore examiné en détail cette structure, mais il semble qu'elle soit l'indice le plus convaincant d'une activité sismique post-glaciaire que l'on ait découvert dans la région de Charlevoix.

Ces recherches réalisées dans le cadre d'un projet financé par la CCEA sont en cours depuis deux ans et il faudra attendre une autre année pour qu'elles soient terminées.

4.7 ÉVALUATION GÉOLOGIQUE DE LA SISMICITÉ DE LA RÉGION DE CHARLEVOIX (QUÉBEC)

Chagnon, J.Y., Locat, J.
Université Laval

Le principal objectif du présent projet est d'identifier les éléments géologiques dans les dépôts non consolidés, créés autrefois par l'activité sismique de la région de Charlevoix. Ces éléments sont associés à la liquéfaction des dépôts saturés sableux ou limoneux. Il est possible que la liquéfaction ait eu lieu à une profondeur faible ou relativement grande; les structures ainsi formées sont de nature variable. Lors d'une étude antérieure, on a reconnu deux types de structures constituant des indicateurs satisfaisants de la sismicité : a) des filons ou dykes de sable injectés de par-dessous les sédiments qu'ils ont traversés; b) des volcans de sable.

On a identifié les deux types de structures dans la région de Charlevoix. On a observé dans les sédiments subhorizontaux d'une terrasse apparemment non perturbée de l'île aux Coudres un filon ou dyke d'argile limoneuse qui s'est rempli à partir du fond. Ce dyke se ramifie vers le haut et la plupart des filonnets n'atteignent pas la surface du sol. On n'a pas encore étudié de façon très détaillée la présence de ces structures. Dans la vallée de la rivière du Gouffre, entre Baie-Saint-Paul et Saint-Urbain, on a noté sur des photographies aériennes environ 200 monticules de 10 à 20 m de diamètre et de 2,5 m de hauteur. Ces monticules n'existent pas aux abords de Baie-Saint-Paul où la vallée est large, mais seulement dans le rétrécissement de la vallée au nord. La vérification au sol des ces structures indique que la plupart sont constituées de sable fin à grossier. Quelques-unes se composent d'argile et sont généralement associées à d'autres indices de mouvements du sol dus à des glissements de terrains. En 1985 et en 1986, en pratiquant une excavation dans deux monticules de sable, on a mis à jour leur structure interne, qui est celle de volcans de sable.

On a aussi observé au nord de Baie-Saint-Paul, près d'un groupement de monticules, y compris le volcan de sable que l'on a dégagé en 1985, une grande structure circulaire d'environ 150 m de diamètre. Il est possible que cette structure ait été formée par la liquéfaction du sol en profondeur, suivie de l'affaissement de la surface et de l'éjection de sable par suite de variations de volume du sol.

Un monticule tronqué par la rivière du Gouffre, à 5 km au sud de Saint-Urbain, contient des couches sableuses qui définissent un vaste pli anticlinal ouvert. On a considéré général de la manifestation d'une activité sismique la présence de plis similaires décrits par quelques auteurs comme «diapiriques».

La vallée de la rivière Malbaie est plus large et moins profonde que celle de la rivière du Gouffre et l'on n'y a observé aucun indice visible d'activité sismique. On a noté à l'emplacement du terrain de golf de Murray Bay une série de collines argileuses coniques à versants raides. On ne peut expliquer clairement leur origine, mais les indices existants montrent généralement un lien avec des glissements de terrain.

On a recherché dans des secteurs connus de stries glaciaires, le long d'affleurements côtiers des environs de la baie Passamaquoddy, des dislocations post-glaciaires, mais sans succès. On n'a repéré aucun déplacement de dépôts glaciaires le long des traces de toutes les failles cartographiées de direction générale nord-ouest. Ainsi, même si quelques-unes des failles ont été actives après la mise en place du dyke d'âge jurassique inférieur, on n'a pas pu trouver sur les sites des failles de mouvements néotectoniques associés à la récente sismicité de la région.

Bibliographie

Barosh, P.

1981: Seismicity and tectonics of the Passamaquoddy Bay area, Maine and New Brunswick; Abstracts with programs of NE Section, 16th Annual Meeting, Geological Society of America, Vol. 13, p. 3.

Gates, O.

1984: The geology of the Passamaquoddy Bay area, Maine and New Brunswick; Open File No. 84-10, Maine Geological Survey, 22 p.

Leblanc, G. and Burke, K.

1985: Re-evaluation of the 1817, 1855, 1869 and 1904 earthquakes in the Maine-New Brunswick region; Earthquake Notes, 56, pp. 107-123.

Leger, A. and Williams, P.

1986: Transcurrent faulting history of southern New Brunswick; in Current Research, Part B, Geological Survey of Canada, Paper 86-1B, pp. 111-120.

Rast, N. and Grant, R.

1973: Transatlantic correlation of the Variscan-Appalachian Orogeny; American Journal of Science, 273, pp. 572-579.

Rast, N., Burke, K. and Rast, D.

1979: The earthquakes of Atlantic Canada and their relationship to structure; Geoscience Canada, Vol. 6, pp. 173-180.

Stringer, P. and Burke, K.

1985: Structure in southwest New Brunswick; Geological Association of Canada Field Excursion Guide, No. 1, 34 p.

4.6 ÉTUDES DES STRUCTURES NÉOTECTONIQUES POSSIBLES DU SUD-OUEST DU NOUVEAU-BRUNSWICK

Burke, K., Stringer, P.
Université du Nouveau-Brunswick

La présente étude a pour but de mieux expliquer le cadre structural du sud-ouest du Nouveau-Brunswick, en cartographiant un réseau de dykes d'âge jurassique inférieur et ses rejets liés à la présence de failles dans la région de la baie Passamaquoddy et aussi d'identifier les failles qui sont peut-être associées à une activité sismique dans cette même région.

La baie Passamaquoddy est une région de forte sismicité où, au cours des 170 dernières années (Leblanc et Burke, 1985) ont eu lieu au moins trois séismes d'une magnitude supérieure à 5 et où l'on enregistre toujours avec les réseaux actuels de sismographes un niveau modéré d'activité sismique. Par conséquent, il est important de présenter dans le cadre structural de la région la géologie du socle et d'identifier les failles qui donnent peut-être naissance à l'activité sismique.

Les deux grands groupes de failles présents dans le sud du Nouveau-Brunswick ont une direction générale nord-est et nord-nord-ouest (Léger et Williams, 1986). Le groupe de failles de direction nord-est manifeste principalement une déformation ductile accompagnée de décrochements dextres, survenue durant l'orogénèse de l'Acadien (Dévonien) et suivie de mouvements de cassure durant le Carbonifère; ces failles varient de décrochements dextres, ou sénestres à des failles fortement inclinées. On a aussi cartographié le long du littoral de la baie de Fundy (Rast et Grant, 1973) des failles de poussée de direction nord-est associées à l'orogénèse varisque. Les failles de directions nord-nord-ouest sont associées à une déformation fragile et présentent à la fois des mouvements dextres et sénestres (Léger et Williams, 1986).

On rencontre dans la région de la baie Passamaquoddy des failles appartenant à la fois aux groupes de direction nord-est et nord-nord-ouest. Les failles nord-est de Belle Isle, Beaver Harbor, Letange Harbor, Back Bay, Perry et St. George constituent une grande zone de failles dans la partie sud-est de la région, tandis que la faille nord-nord-ouest d'Oak Bay constitue un élément structural dominant le long du versant occidental de la baie Passamaquoddy (Gates, 1984). Plusieurs chercheurs (par exemple, Rast et al., 1979 et Barosh 1981) ont mentionné cette dernière faille comme source possible de la récente activité sismique. Toutefois, un dyke d'âge jurassique inférieur qui recoupe la trace de la faille d'Oak Bay sans déplacement apparent, a été identifié comme source possible par Stringer et Burke (1985), même s'il présente des rejets causés par d'autres failles d'orientation nord-ouest.

Les cheminements réalisés avec un magnétomètre et un gradiomètre magnétique sont maintenant terminés au-dessus des positions connues ou projetées du dyke d'âge jurassique inférieur, dans la région de la baie Passamaquoddy. On a employé des profils magnétiques pour suivre les positions du dyke entre les affleurements côtiers présents dans une série de péninsules fortement boisées. On a employé un espacement de 2 m entre les stations; l'espacement normal entre les lignes était de 50 m pour les cheminements à l'intérieur des terres. L'interprétation des données magnétiques montre que le dyke est disloqué par des failles de direction nord-ouest à Orrs Head et Mill Cove, mais pas par la faille d'Oak Bay, aussi de direction nord-ouest. On a cartographié un rejet de plusieurs mètres à l'emplacement d'un affleurement côtier du dyke à l'est de Holts Point.

4.5 ÉTUDE HISTORIQUE DE LA SISMICITÉ DANS LE SUD-OUEST DU NOUVEAU-BRUNSWICK

Burke, K., Comeau, R., Slauenwhite, S., Biddiscombe, P.
Université du Nouveau-Brunswick

La présente étude a pour but de mieux expliquer la sismicité du sud-ouest du Nouveau-Brunswick, en dépouillant la documentation historique sur des séismes jusque là non inventoriés et en vérifiant la base de données relative aux séismes déjà connus qui ont touché la région.

On a examiné la documentation historique sur la sismicité de la région de la baie Passamaquoddy entre 1811 et 1961, dans le cadre de deux contrats conclus avec le Division de la géophysique de la Commission géologique du Canada (Burke et al., 1987 et Burke et Comeau, 1988). On a dépouillé trois journaux:

New Brunswick Courier	1811 - 1865
St. Andrews Standard	1833 - 1865
St. Croix Courier	1865 - 1961

pour trouver des références aux séismes et phénomènes connexes qui ont eu lieu dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick. On a ainsi découvert 10 épisodes sismiques jusque là non répertoriés, qui ont touché la région de la baie Passamaquoddy. On a ensuite fouillé dans sles microfilms de journaux publiés immédiatement après ces événements et à la date de séismes anciennement répertoriés dans la région de la baie Passamaquoddy, toutes les références aux effets de ces séismes.

Pendant chaque décennie de la période étudiée e 1811 à 1961), sauf les années 1940, des séismes ont été ressentis dans la région de la baie Passamaquoddy, ce qui confirme l'opinion selon laquelle cette région aurait une sismicité prononcée. En 1817, 1869 et 1904 respectivement (Leblanc et Burke, 1985), ont été ressentis trois séismes dont on a estimé la magnitude à 4,5 à 5, 5,7 et 5,9; d'après les indices obtenus, il semble qu'il y ait eu une augmentation du nombre de séismes pendant les décennies antérieures aux épisodes de 1869 et 1094. On a aussi découvert dans le fichier canadien sur les épacentres de séismes la preuve que des modifications significatives ont été apportées à l'inventaire actuel des séismes, de leur emplacement, de leur date et de leur magnitude.

Bibliographie

Burke, K., Slauenwhite, S., and Biddiscombe, P.

1987: Historical seismicity of the Passamaquoddy Bay region of New Brunswick for the period 1811 to 1900; Contract Report 23233-63421/01-ST, Department of Supply and Services, Ottawa, 93 p.

Burke, K. and Comeau, R.

1988: Historical seismicity of the Passamaquoddy Bay region of New Brunswick for the period 1900 to 1961; Contract Report 23233-7-3720/01-SZ, Department of Supply and Services, Ottawa, in preparation.

Leblanc, G. and Burke, K.

1985: Re-evaluation of the 1817, 1855, 1869 and 1904 earthquakes in the Maine-New Brunswick region; Earthquake Notes, 56, pp. 107-123.

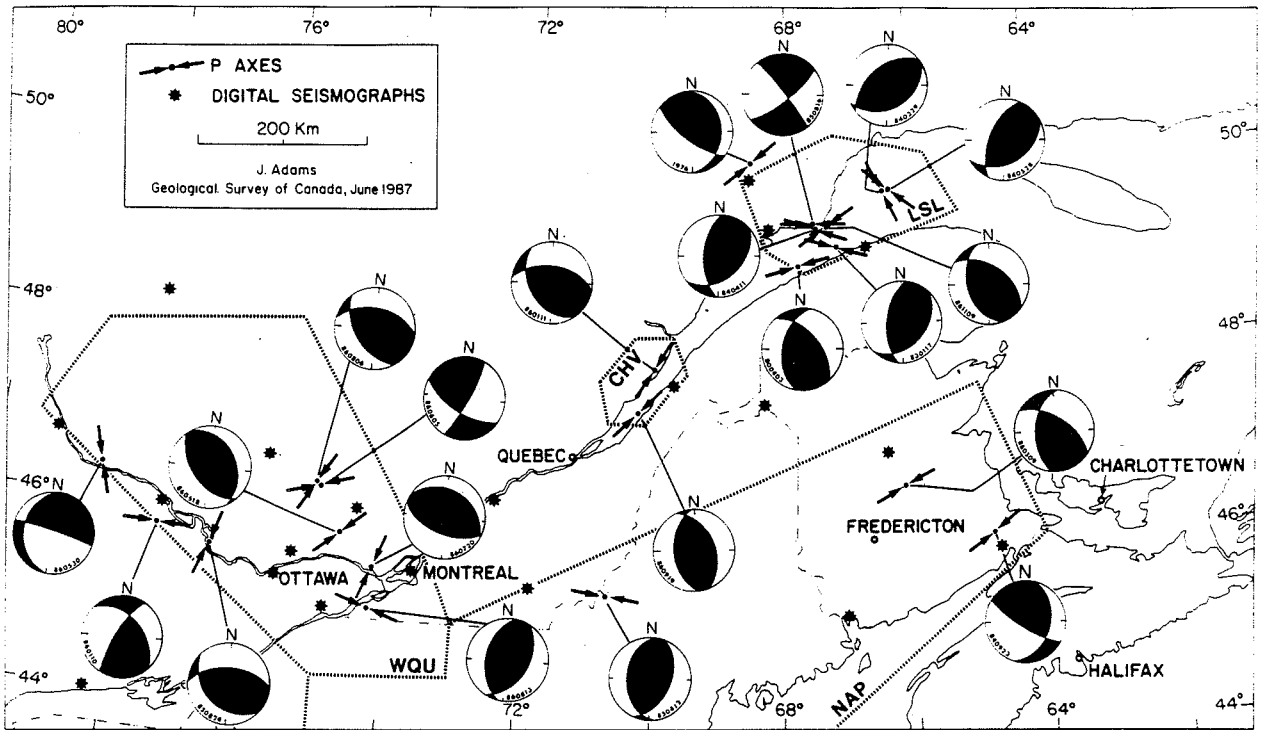


Figure 4.4.4 Nouveaux mécanismes focaux pour le sud-est du Canada indiquant les projections de zone égale d'hémisphère inférieur de mécanisme focal et les quarts de cercle de compression ombrés. Les paires de flèches pointant vers l'intérieur représentent la direction de la compression horizontale maximale pris à partir des axes P de tremblements de terre. Le pointillé encercle les régions sismiques de Basham et al. 1982 (d'après Adams et al., 1988).

4.4 NOUVEAUX MÉCANISMES FOCALUX PROPOSÉS POUR LES SÉISMES DANS LE SUD-EST DU CANADA

Adams, J., Sharp, J.,¹ Stagg, M.C.
Commission géologique du Canada

Nous avons déterminé, en faisant appel aux polarités d'ondes P, aux valeurs de rapports d'intensité Sv/P et au programme FOCMEC, les mécanismes agissant au foyer de 21 séismes qui sont survenus récemment dans le sud-est du Canada. Ces mécanismes nous fournissent quelques-uns des plus importants éléments d'information sur les contraintes que subit la croûte terrestre et sur la sismotectonique dans la zone sismique du bas Saint-Laurent, et nous permettent de mieux comprendre pourquoi des séismes se produisent dans le reste du Canada.

Bibliographie

Adams, J., Sharp, J. and Stagg, M.

1988: New focal mechanisms for southeastern Canadian earthquakes; Geological Survey of Canada, Open File Report 1892, 109 pp.

Basham, P.W., Weichert, D.H., Anglin, F.M., and Berry, M.J.

1982: New probabilistic strong seismic ground motion maps of Canada : a compilation of earthquake source zones, methods and results; Energy Mines and Resources Canada, Earth Physics Branch, Open File Report 82-33, 202 pp.

¹ Aussi: Université Memorial de Terre-Neuve, Faculté de génie, Coopérative des étudiants en génie, St-Johns.

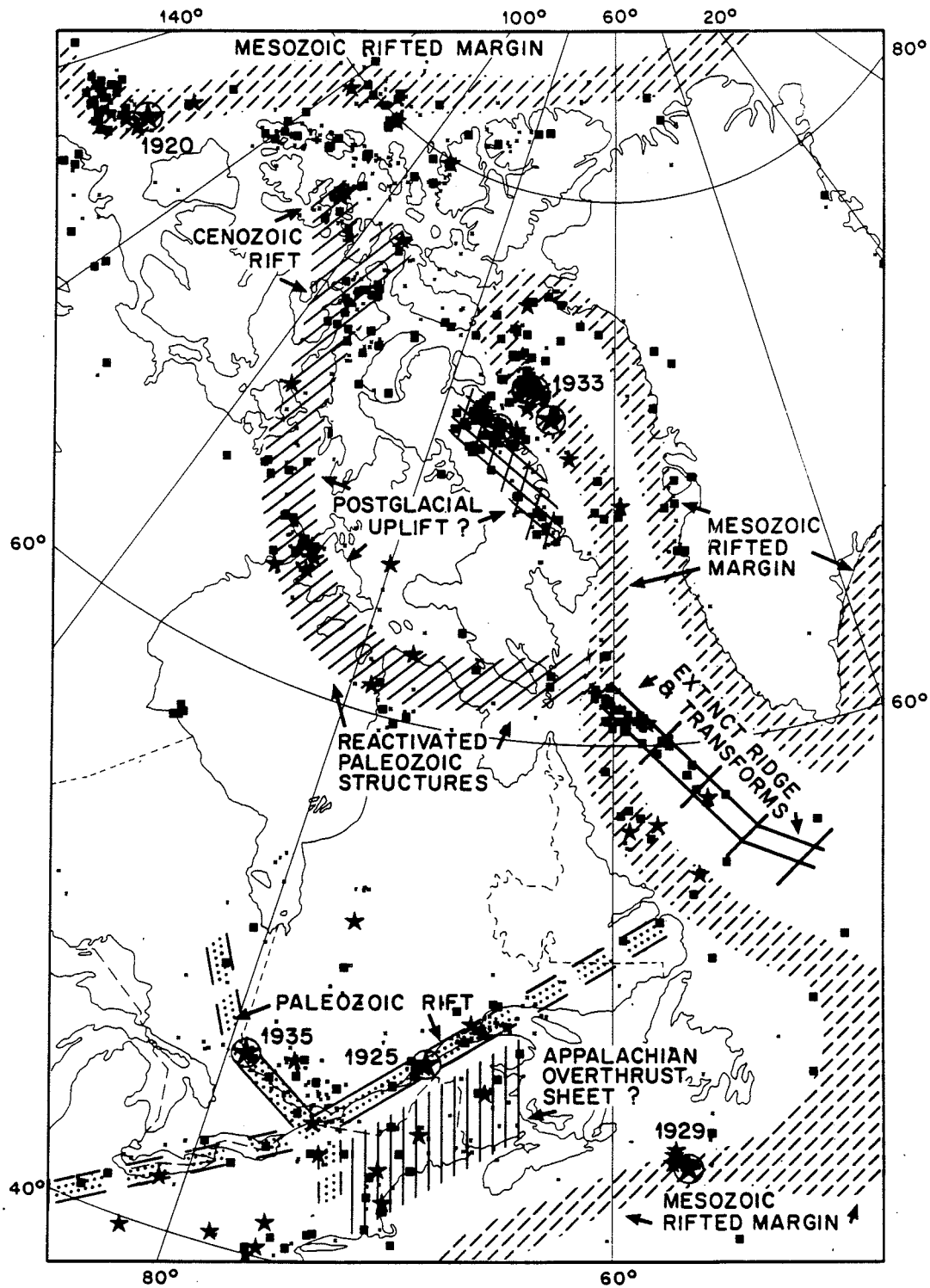


Figure 4.3.1 Tremblements de terre dans l'est du Canada (M>3 depuis 1970; M>4 depuis 1960; M>5 depuis 1940; M>6 depuis 1900 et une interprétation des causes (d'après Adams et Basham, sous presse).

4.3 SISMICITÉ ET SISMOTECTONIQUE DE LA MARGE ET DU CRATON DE L'EST DU CANADA

Adams, J., Basham, P.W.
Commission géologique du Canada

La région orientale du Canada - le Canada à l'est de la Cordillère qui s'étend au nord du continent, de la frontière des États Unis à l'océan Arctique - comprend environ les deux tiers du craton stable de la plaque nord-américaine. Il semble que la majeure partie de cette zone soit essentiellement asismique, mais qu'elle contienne plusieurs zones de sismicité intense, situées surtout le long de la marge continentale orientale et constituant des ensembles distinctifs à l'intérieur de craton.

Le long to de large orientale du continent (nord de l'océan Atlantique, mer du Labrador et baie de Baffin), on inclut dans les évaluations de la sismicité le tremblement de terre d'une magnitude 7,2, survenue en 1929, sur les Grands Bancs, et le tremblement de terre d'une magnitude 7,3, survenue en 1933, dans la baie de Baffin. Ces séismes et d'autres plus faibles semblent concentrés dans la zone de transition entre l'océan Atlantique nord. Dans la mer du Labrador, se manifestent aussi des séismes sur la dorsale maintenant inactive et les failles transformantes associées à celle-ci.

Dans la partie méridionale du craton, la sismicité se concentre dans cinq zones. Dans trois de ces zones (la rivière des Outaouais, Charlevoix et le bas Saint-Laurent), la plupart des séismes surviennent à des profondeurs de 5 à 25 km à l'intérieur du socle de Grenville, cela apparemment surtout par réactivation de réseaux de failles du rift paléozoïque longeant le Saint-Laurent et la rivière des Outaouais. Il est possible que la trace d'un point chaud d'âge crétacé inférieur soit la cause de la quatrième ligne de sismicité au nord de la rivière des Outaouais dans la région occidentale du Québec. La cinquième zone, celle des Appalaches septentrionales, a été en 1982 le théâtre des séismes de Miramichi, dus à la manifestation de failles de poussée peu profondes à l'intérieur d'une nappe rocheuse chevauchant un socle plus ancien.

Au nord du craton, la terre de Baffin a été touchée par des séismes selon une zone arquée entre les péninsules de Boothia et d'Ungava et dans le bassin de Sverdrup. Les séismes de Baffin et de Boothia-Ungava sont associés spatialement à des failles normales d'âge crétacé, mais on note aussi de rapides augmentations de vitesse de soulèvement différentiel localisé sur les failles préexistantes. Les séismes de Sverdrup indiquent une déformation au-dessous d'une épaisse accumulation de sédiments.

Il semble que, dans l'est du Canada, presque tous les séismes surviennent à l'intérieur d'un champ régional de contraintes dominé par une compression du nord-est vers l'est et que la plupart des forts séismes aient eu lieu près de structures d'effondrement paléozoïques ou plus récentes qui environnent le craton nord-américain ou le fragmentent.

Bibliographie

Adams, J. and Basham, P.W.

in press: seismicity and seismotectonics of Canada's eastern margin and craton; in *Earthquakes at North Atlantic Passive Margins: Neotectonics and Postglacial Rebound*, ed. S. Gregersen and P.W. Basham, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

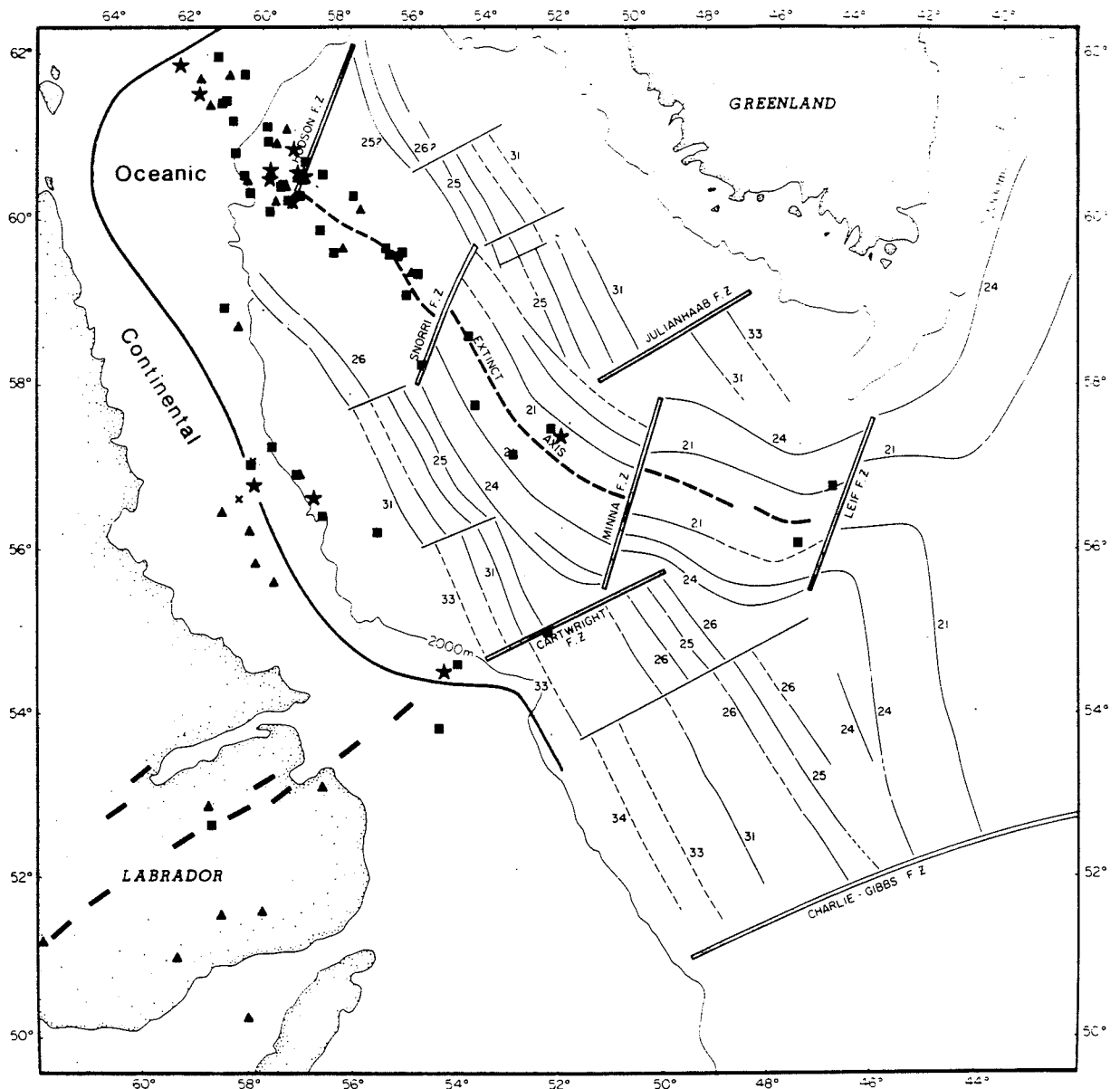


Figure 4.2.1 Sismicité de la mer du Labrador indiquant les tremblements de terre par rapport à la crête d'extension éteinte et aux failles transformantes (d'après Srivastava et Tapscott, 1986), à la limite entre la croûte continentale et océanique, ainsi qu'à la zone de défailances de la croûte qui traversent le sud du Labrador (Simmons et Adams, 1988).

Srivastava, S.P., and Tapscott, C.R.

1986: Plate kinematics of the North Atlantic; in The Western North Atlantic Region, Vogt, P.R., and Tucholke, E.B. (ed.), Geological Society of America, The Geology of North America, v. M, p. 379-404.

4.2 SISMICITÉ ET SISMOTECTONIQUE DU LABRADOR ET DE LA MER DU LABRADOR ET LIENS AVEC LES STRUCTURES SISMOGÉNIQUES DES RIFTS DE L'EST DU CANADA

Adams, J.,¹ Anglin, F.M., Basham, P.W.
Commission géologique du Canada

Depuis 1934, ont eu lieu six tremblements de terre d'une magnitude de 5 à 5,6 dans la mer du Labrador. Plus anciennement, dès 1809, ont été ressentis des séismes dans les villages de pêcheurs bordant le littoral du Labrador, mais aucun séisme de faible envergure n'ayant été localisé à l'intérieur des terres, il est probable que ces épisodes sismiques anciens sont survenus au large et qu'ils ont même été très importants.

La mer du Labrador est le résultat d'une expansion du fond marin et Srivastava a cartographié la dorsale centrale et les zones associées de fractures par des méthodes géophysiques. Ayant conjointement déterminé l'épicentre, nous avons montré que les séismes proches suivent la dorsale centrale maintenant inactive et les zones associées de fractures. On rencontre le long de la marge continentale du Labrador une ligne de sismicité distincte que l'on associe aux failles d'un rift mézoïque formées durant l'ouverture de l'océan Atlantique. Le séisme modéré le plus récent avait une magnitude de 4,7 Mb à 57,22° N, 59,61° O (banc de Nain) et a eu lieu le 20 avril 1986. Son étude a indiqué le mécanisme nodal P de poussées et décrochements bien contenus (direction 186°, pendage 56°, plongement 19°) qui correspond à une compression venant du sud-est, c'est-à-dire longeant la marge et non perpendiculaire à celle-ci; il diffère ainsi du champ régional de contraintes qui est dominé par une compression venant du nord-est ou de l'est.

Les lignes sismiques qui s'étendent de Sept-Iles, à travers l'extrémité orientale du Québec et le sud du Labrador jusqu'à la baie Sandwich, suivent peut-être le prolongement d'une faille de décrochement (Gower et al., CJES, 1986) faisant partie du réseau paléozoïques de failles du rift du Saint-Laurent. Ailleurs dans l'est du Canada, la plupart des grands séismes ont eu lieu près de ces systèmes paléozoïques ou plus récents de rifts qui environnent le craton nord-américain ou le fragmentent, c'est-à-dire en des endroits où le continent a très récemment été fragilisé. Dans ce contexte, la marge du Labrador et la ligne sismique traversant le sud du Labrador pourraient devenir le site de séismes importants.

Bibliographie

Gower, C.F., Erdmer, P., and Wardle, R.J.

1986: The Double Mer Formation and the Lake Melville rift system, eastern Labrador; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 23, p. 359-368.

Simmons, D.G., and Adams, J.

1988: Relocation of earthquakes in the Labrador Sea and Southern Labrador; Geological Survey of Canada Open File (in press).

¹ Ce travail de recherche a été réalisé en collaboration avec un étudiant, David Simmons, et un dossier ouvert de la cgs paraîtra à la fin de l'année.

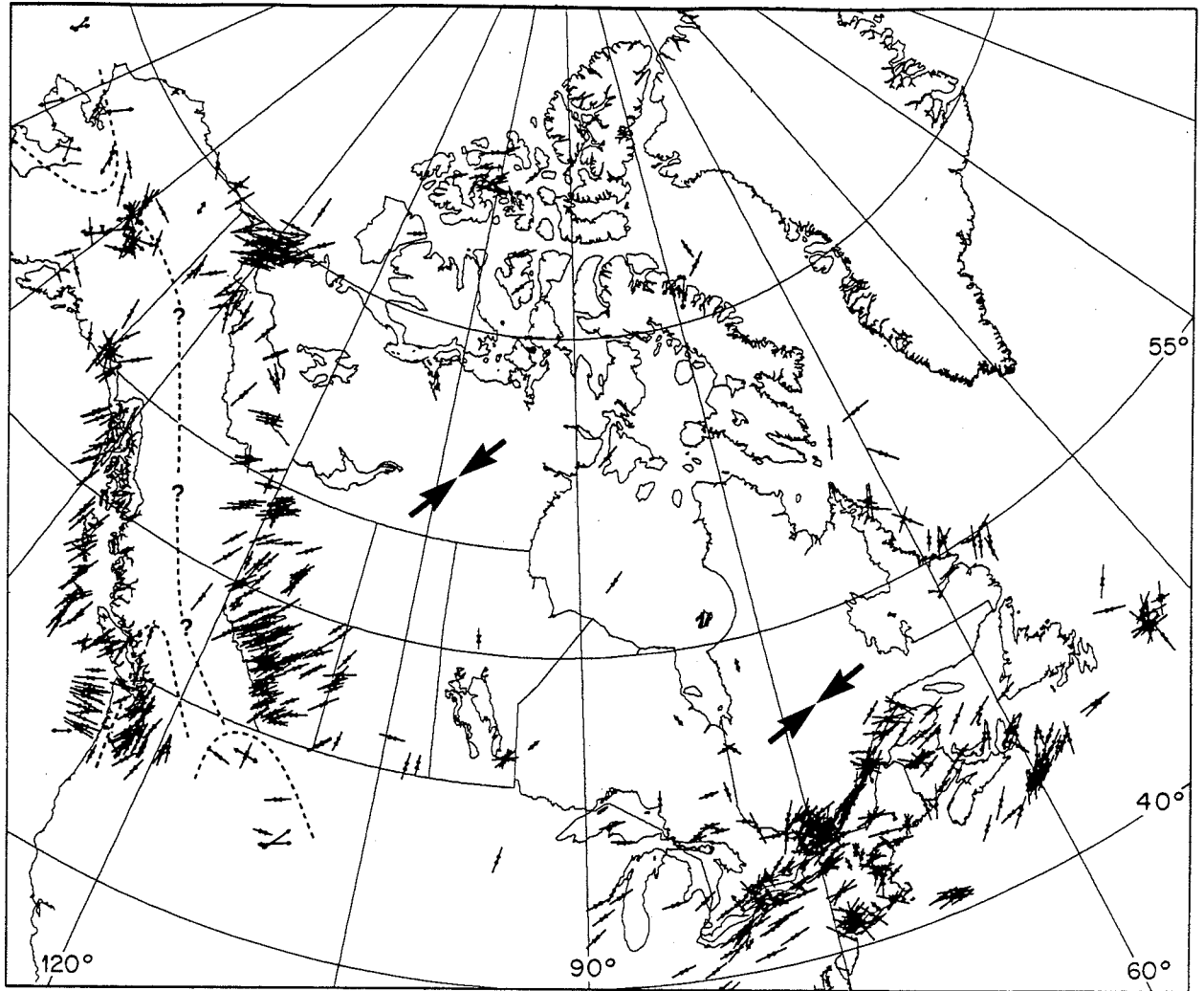


Figure 4.1.1 Carte des contraintes indiquant toutes les données considérées comme étant liées au champ contemporain. La longueur des barres est proportionnelle à la qualité des données; les flèches pointant vers l'intérieur indiquent la direction de la compression horizontale maximale, tandis que les flèches pointant vers l'extérieur indiquent la compression horizontale minimale ou la direction de l'extension des déviations. (d'après Adams, 1987, modifié à la suite de données supplémentaires). La ligne tiretée indique les frontières approximatives des provinces de contrainte de la partie septentrionale de au nord de l'Amérique du Nord et les paires de grandes flèches indiquent la tendance régionale dans la province de contrainte du moyen-plateau (d'après Adams, sous presse).

4.1 CONTRAINTES SUR LA CROÛTE TERRESTRE DANS L'EST DU CANADA

Adams, J.

Commission géologique du Canada

A l'est de la Cordillère, Canada est comprimé suivant une direction nord-est sud-ouest et représente un secteur relativement uniforme et de grande extension soumise à des contraintes (qui comprend aussi la portion orientale et médiocontinentale des États-Unis) et probablement influencé surtout par les forces qui meuvent les plaques tectoniques. La déglaciation a exercé des contraintes sérieuses sur la plaque nord-américaine il y a environ 10,000 ans. Les contraintes post-glaciaires s'exerçant à proximité de la surface ont été dominées par les efforts radiaux de flexion induits près de la marge des glaces. Ces contraintes étaient souvent perpendiculaires aux contraintes régionales contemporaines qui les ont remplacées à mesure que s'estompaient les contraintes transitoires post-glaciaires. Le fait que les paléocontraintes ne dominent plus la direction du champ de contraintes au sud-est, suggère que les contraintes résiduelles, induites par la glaciation, ne contribuent que dans une faible mesure au champ actuel de contraintes.

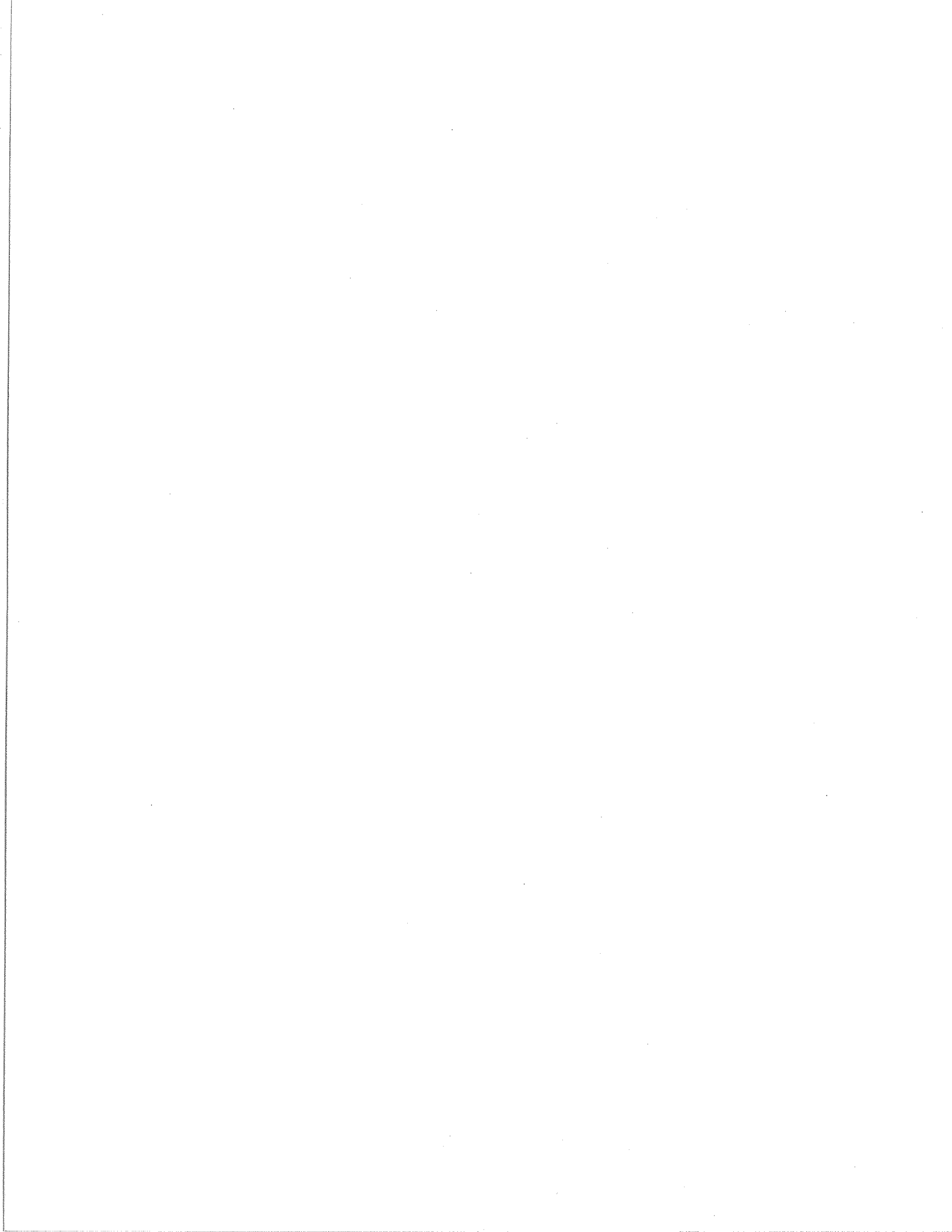
A l'intérieur du secteur affecté par les contraintes et situé dans la plaque médiocontinentale, on relève des anomalies du champ de contraintes dans les roches du socle, ce qui implique que les conditions locales peuvent modifier de façon significative le champ régional. Les axes P caractérisant les séismes peu profonds (moins de 9 km) se situent dans le quadrant nord est ($65^\circ \pm 25^\circ$), mais dans le cas des mécanismes sismiques plus profonds, il ne semble pas qu'il y ait d'orientation cohérente de ces axes. Les autres types de mesures des contraintes (toutes s'exerçant à des profondeurs inférieures à 5 km) confirment la direction uniforme des axes P de séismes peu profonds et laissent supposer que les séismes plus profonds manifestent une anomalie dans la variabilité de l'axe P et peuvent survenir dans un champ de contraintes presque isotrope. Pour les études sismotectoniques, il est fondamental de comprendre la nature du champ de contraintes pour permettre d'améliorer l'évaluation des risques sismiques.

Bibliographie

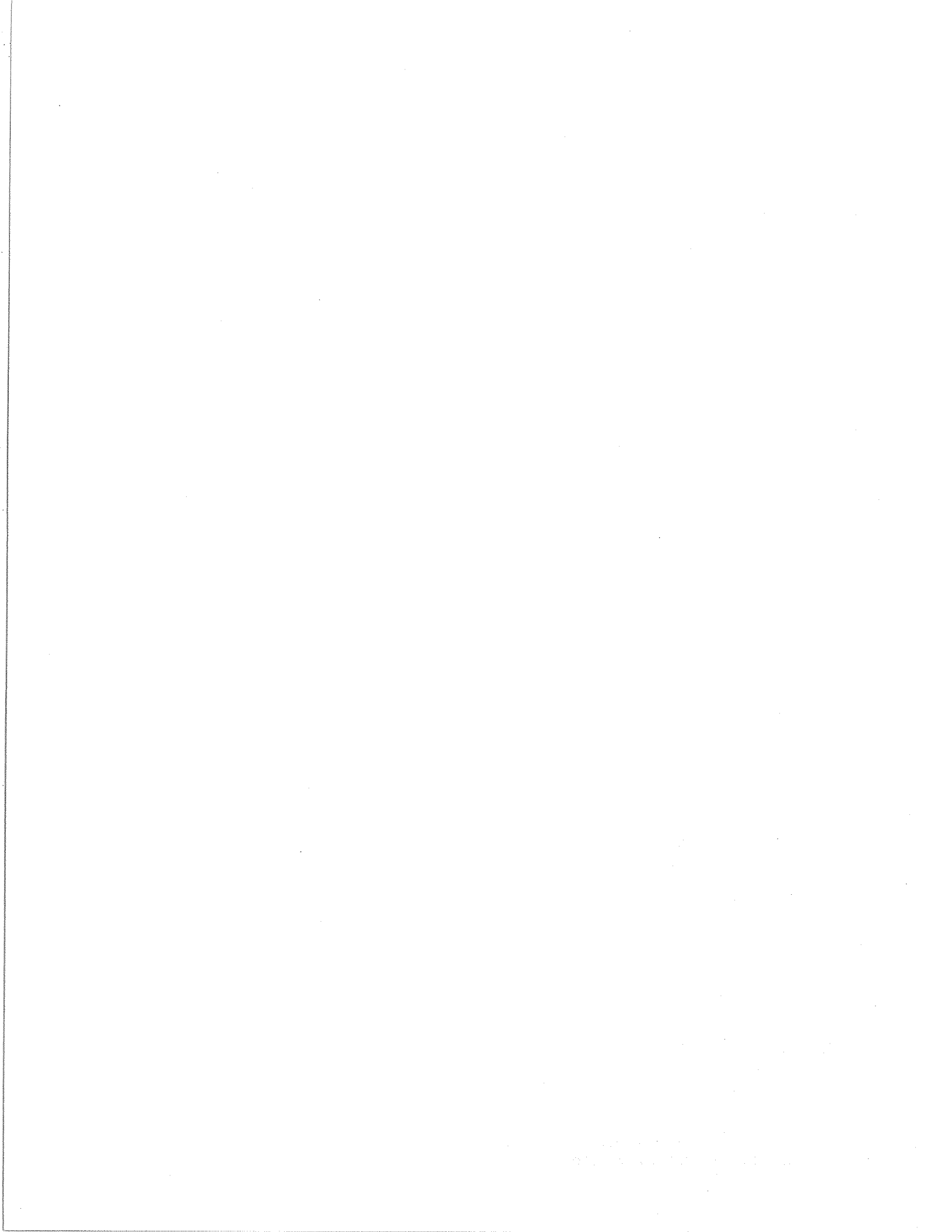
Adams, J.

1987: Canadian Crustal stress data — a compilation to 1987; Geological Survey of Canada, Open File Report 1622, 130pp.

in press: Crustal stresses in eastern Canada; in *Earthquakes at North Atlantic Passive Margins: Neotectonics and Postglacial Rebound*, ed. S. Gregersen and P.W. Basham, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.



4. RÉSUMÉS DÉTAILLÉS



LISTE DES ORGANISMES PARTICIPANTS (1988)

Gouvernement fédéral

Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA)
Ottawa (Ontario)

Commission géologique du Canada (CGC)
Ottawa (Ontario)

Gouvernement du Nouveau-Brunswick

Ministère des Richesses naturelles du Nouveau-Brunswick (MRNNB)
Fredericton (Nouveau-Brunswick)

Gouvernement de la Nouvelle-Écosse

Ministère des Mines et de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse (MMENE)
Halifax (Nouvelle-Écosse)

Gouvernement de l'Ontario

Centre ontarien de télédétection (COT)
North York (Ontario)

Commission géologique de l'Ontario (CGO)
Toronto (Ontario)

Hydro Ontario (OH)
Toronto (Ontario)

Universités

Université Memorial (UM)
St-John's (Terre-Neuve)

Université Queen's (UQ)
Kingston (Ontario)

Université Laval (UL)
Québec (Québec)

Université du Nouveau-Brunswick (UNB)
Fredericton (Nouveau-Brunswick)

Bureau d'experts-conseils

Seismic Consulting Services (SCS)
North York (Ontario)

Organismes des États-Unis

Lamont-Doherty Geological Observatory (LDGO)
Palisades (New York)

United States Geological Survey (USGS)
Reston (Virginie) et Ithaca (New York)

Le National Centre for Earthquake Engineering Research (NCEER) de Buffalo (New York) utilise une base de données qui renferme des renseignements pertinents sur la sismicité, qu'il s'agisse des domaines de la mécanique des séismes ou de l'estimation des risques sismiques. On a constitué cette base de données en vue de faciliter l'accès aux renseignements qui ne sont pas publiés dans les rapports et revues largement diffusés mais que l'on trouve plutôt dans des documents un peu moins connus comme ce rapport annuel. Des dispositions ont été prises pour que les éléments saillants des rapports présentés ici soient incorporés dans la base de données du NCEER.

Des renseignements sur le NCEER peuvent être obtenus à l'adresse suivante :

National Centre for Earthquake Engineering Research
(Information Service)
Science and Engineering Library
342 Capen Hall
SUNY at Buffalo
Buffalo, New York
États-Unis 14260
A l'attention de Patricia A. Coty
(spécialiste en information)

Téléphone : (716) 636-3377
Télécopieur : (716) 636-3379

Collaboration avec des organismes des États-Unis

Outre sa participation aux projets mentionnés ci-dessus, l'AMNEC établit des liens de collaboration avec des organismes des États-Unis en vue de résoudre la question des estimations des risques sismiques. On prend actuellement des dispositions en vue d'un échange de données radar enregistrées sur bande C (longueur d'onde de 5 cm), obtenues par le Centre ontarien de télédétection (COT) pour le comté de Prince Edward (Ontario), contre des données enregistrées sur bande X (longueur d'onde de 3 cm - plus haute résolution) qui devraient être obtenues à l'automne 1988 par le USGS National Mapping Service pour le nord de l'État de New York et le comté de Prince Edward. Ce dernier comté est utilisé à titre de site témoin dans la comparaison des qualités et déficiences de chaque bande.

Le COT élabore actuellement des programmes d'évaluation du radar d'enregistrement aérien sur bande C, qui constitue le prototype d'une mission projetée de la NASA, le SIR-C (Shuttle Imaging Radar-C band). Ces programmes sont élaborés dans le cadre de la mise sur pied proposée d'un comité international d'évaluation de la télédétection, formé en vertu du Programme de forage de la masse continentale - Proposition de transect de l'est de l'Ontario et de l'arche d'Algonquin. Ce comité, qui a pour mandat d'émettre des opinions sur les sites projetés de forage en profondeur, est actuellement composé de Vern Singhroy et Frank Kenney (COT), John Jones (USGS - Reston, Virginie, É.-U.), Dorothy Tepper (USGS - Ithaca, New York, É.-U.) et John Bowlby (Hydro Ontario). On procédera à l'évaluation comparative des deux bandes radar dans la détection d'éléments géologiques aux deux échelles (>/< 1 m) observées dans le comté de Prince Edward.

Le personnel du Lamont-Doherty Geological Observatory, de Palisades (New York) continue de faire de la recherche documentaire sur les éléments de liquéfaction associés aux activités sismiques à Newbury Port (Massachusetts), et entreprendra des travaux similaires près de Massena (New York), le site du séisme de Cornwall-Massena de 1944. Il est à espérer qu'un projet coopératif permettra la mise sur pied d'une équipe canadienne chargée de procéder à la recherche des éléments de liquéfaction dans les environs de Cornwall (Ontario) et, si les recherches sont fructueuses, d'analyser et d'interpréter les résultats.

Des recherches hydrogéologiques sont menées par le USGS dans la région de Niagara (État de New York), où l'on trouve très peu d'affleurements rocheux, sauf ceux auxquels donnent lieu les carrières. Un examen des réseaux de fracture dans le comté de Prince Edward (Ontario) s'est avéré utile, étant donné que l'eau souterraine des roches sédimentaires de l'ouest de New York circule principalement par les fractures. En retour, les géoscientifiques canadiens ont été invités à visiter des carrières dans l'ouest de l'État de New York, montrent d'excellents exemples fractures de décompression. Des données sur certaines de ces structures ont déjà été enregistrées et ajoutées à la base de données de l'AMNEC sur les structures géologiques récentes. D'autres travaux sont prévus.

Sud de l'Ontario et ouest du Québec

1. Poursuite des recherches et des évaluations géologiques et géophysiques portant sur les failles, les soulèvements de terrain, les fractures ouvertes, les surfaces déplacées et striées du socle rocheux, et la déformation du socle rocheux dans le comté de Prince Edward (Ontario). On a repéré dans le comté de Prince Edward des failles de grande envergure, y compris le prolongement de la faille Clarendon-Linden de l'État de New York, que l'on suppose être sismiquement active. En outre, on a également reconnu des soulèvements de terrain généralement considérés comme étant des indices de contraintes contemporaines horizontales élevées, et de petits déplacements verticaux de surfaces striées par la glace, que l'on croit être des failles récentes de petite envergure. Les fractures ouvertes, qui ne sont pas inhabituelles, peuvent également résulter du champ de contrainte actuel, bien que d'autres mécanismes puissent également être en cause.
2. Réévaluation des sites de séismes historiques (avant l'ère instrumentale) dans l'ouest du Québec et l'est de l'Ontario, et sur la péninsule du Niagara. La connaissance des sites précis des séismes est importante lorsque l'on tente de repérer des failles actives susceptibles d'être à l'origine de séismes.
3. Évaluation des risques sismiques comprenant, entre autres, l'analyse des séismes de la Nahanni (territoires du Nord-Ouest) survenus en 1985 et de l'impact que pourrait avoir sur les bâtiments un épisode sismique similaire se produisant dans l'est du pays.
4. Utilisation d'un sonar à balayage latéral dans le cadre d'un programme de surveillance environnementale du lac Ontario.
5. Mise en place d'un système de monitoring sismique à la station de recherche de l'Université de Waterloo, dans le comté de Prince Edward, afin que l'on puisse déterminer avec le plus de précision possible le site de toute activité sismique de faible intensité.
6. Compilation d'une carte par image satellite, à l'échelle du 1/1 000 000, de l'alignement structural de tout le sud de l'Ontario afin que l'on puisse repérer les failles et fractures. Certaines d'entre elles peuvent présenter des caractéristiques dénotant une activité néotectonique, et dans ce cas, elles seront choisies en vue d'une étude plus détaillée sur le terrain.
7. Poursuite des négociations avec le bureau de RADARSAT quant à la possibilité que l'on procède à la cartographie par radar aérien de tout le sud de l'Ontario.

Le programme de 1988-1989, qui s'inscrit dans le cadre des objectifs poursuivis par l'AMNEC, comporte les projets suivants :

Provinces maritimes

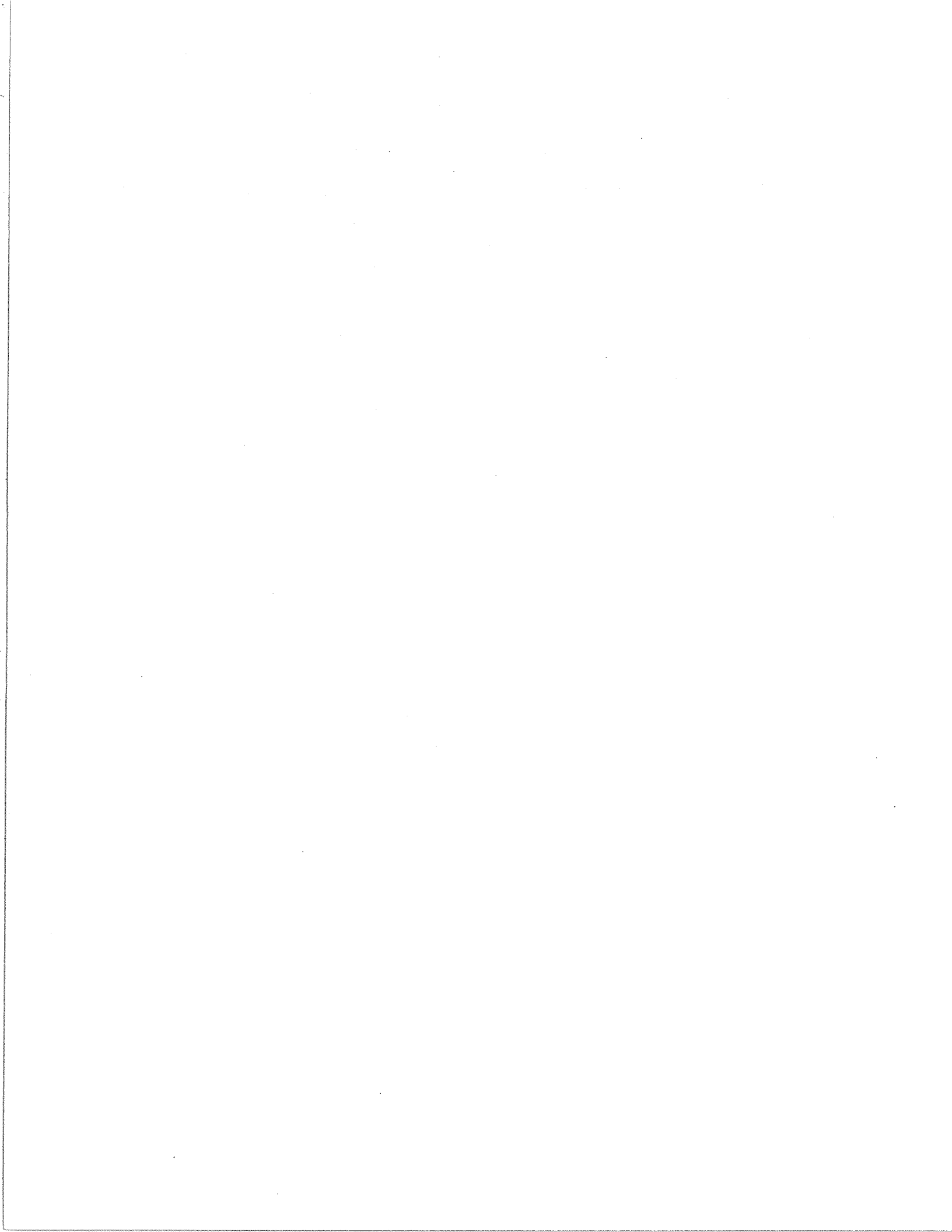
1. Recherche documentaire sur les structures de déformation des sédiments non consolidés du Quaternaire dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Au départ, il s'agit de constituer une base de données sur la déformation de matériaux géologiques récents, alors que le but ultime de la recherche vise la détermination des caractéristiques de déformation qui, si elles existent, sont reliées aux déplacements actuels des failles et à l'activité sismique.
2. Recherche documentaire sur les structures de déformation des sédiments non consolidés du Quaternaire le long de la rive nord du bassin des Mines en Nouvelle-Écosse. Le but poursuivi est le même que pour le sud du Nouveau-Brunswick.
3. Utilisation d'un navire dans la baie Passamaquoddy (sud-ouest du Nouveau-Brunswick), équipé d'un sonar à balayage latéral et d'un appareillage de sismique réflexion remorqué en profondeur, afin que l'on puisse déterminer s'il existe sous la baie des failles post-glaciaires et, si possible, détecter tout déplacement des dykes datant probablement du trio-jurassique (de 240 à 140 millions d'années) à l'aide d'un équipement de détection magnétique.
4. Poursuite des travaux de cartographie structurale, tant des terres entourant la baie Passamaquoddy que du fond de la baie, afin que l'on puisse déterminer si les dykes de diabase ont été déplacés, du moins latéralement, à travers la faille d'Oak Bay ou d'autres structures de la région de la baie Passamaquoddy.
5. Entrevues avec des témoins oculaires du raz de marée causé par le séisme des Grands Bancs en 1929. Les données recueillies pourraient servir à une réévaluation du site et de l'intensité du séisme de 1929.

Région de Charlevoix (Québec)

1. Poursuite des travaux de recherche et d'interprétation ayant trait aux manifestations géologiques de l'activité sismique dans la zone sismique de Charlevoix (Québec).
2. Acquisition d'une couverture radar aérienne sur bande C (longueur d'onde de 5 cm) de la région de Charlevoix, à l'échelle du 1/20 000.
3. Poursuite des travaux sur les carottes des sédiments lacustres tourbeux, où la présence de silt pourrait être corrélée à des épisodes sismiques.
4. Évaluation du rythme des activités sismiques contemporaines afin que l'on puisse déterminer si celui-ci est plus rapide ou plus lent que par le passé, ou s'il est resté le même.



3. LE PROGRAMME DE 1988-1989



2.9 Mesures des contraintes dans la carrière de Roblindale

Quatre années de mesures des contraintes entreprises par Duncan McKay et Bruce Williams, dans la carrière de Roblindale dans l'est de l'Ontario, viennent de prendre fin. Les contraintes ont été observées à partir de profondeurs et de types de roches différents : le calcaire de la rivière Gull et le granito-gneiss de la province de Grenville. Lorsque les résultats de ces mesures auront été compilés dans les différents rapports prévus, on aura en main l'une des séries de données parmi les meilleures et les mieux documentées qui soient sur la mesure des contraintes obtenu par la méthode de surcarottage en un même site de l'est du Canada, sinon de l'est de l'Amérique du Nord.

La carrière où les mesures ont été effectuées a servi, en fait, de laboratoire de campagne où il a été possible de comparer les données sur les directions des contraintes à celles des soulèvements de terrain ou des zones de gauchissement du plancher de la carrière. Les résultats d'une partie des travaux ont déjà été publiés dans des rapports regroupés sous le titre de Roblindale Quarry Stress Measurements Preliminary Evaluation - Phase 1. On peut se les procurer auprès de la Civil Research Division de l'Hydro Ontario. La Commission de contrôle de l'énergie atomique a financé une partie du programme de mesure des contraintes.

2.6 Levés au sonar de certains lacs du Québec

La Commission géologique du Canada a effectué des levés au sonar en vue de déterminer s'il était possible de trouver des sédiments perturbés qui dénoteraient des dommages causés par des séismes historiques ou préhistoriques. Dans le lac Témiscouata, situé dans une vallée transversale supposément peu sismique des Appalaches, on a trouvé des signes de perturbation sismique majeure, qui pourraient indiquer des ruptures causées par plusieurs épisodes sismiques. D'importants éboulis datant du début de la période post-glaciaire ont été observés près de la rivière Madawaska, dans cette même vallée. Un rapport sur ces découvertes a été présenté lors de l'assemblée annuelle de l'Association géologique du Canada tenue en mai 1988.

2.7 Néotectonique dans les provinces maritimes

Cette étude comportait la compilation et la consolidation de renseignements sur les conditions et phénomènes néotectoniques connus, suspectés ou déduits dans les provinces maritimes canadiennes. Ces renseignements ont été extraits de plus de 300 documents (publiés et inédits) et entrevues. Un rapport intitulé Neotectonics in the Maritime Provinces a été préparé par Gwen Martin de Language Unlimited, Harvey (Nouveau-Brunswick) et peut être obtenu auprès des bureaux de la Commission de contrôle de l'énergie atomique. Le numéro de référence du document est CCEA INFO-0265 ou Contribution à l'AMNEC n° 88-01. (Un résumé du rapport apparaît au chapitre 5 du présent document.)

2.8 Redétermination des sites de séisme dans l'est de l'Ontario

A la suite de l'évaluation et de l'analyse des sites de tirs de mine, dont certains semblaient prendre leur source dans le lac Ontario, on a décidé qu'il faudrait procéder également à l'analyse des sites d'épisodes sismiques naturels. Un projet pluriannuel a été mis sur pied pour que l'on puisse évaluer et, si nécessaire, redéterminer le site d'épisodes sismiques dans l'est de l'Ontario et la partie adjacente de l'ouest du Québec. Une interprétation préliminaire de la nouvelle analyse de la sismicité indique que les séismes d'une intensité égale ou supérieure à 3,0 M tendent à définir une direction qui, à son tour, peut être influencée par les failles. Les travaux ont été effectués par Arsalan Mohajer en vertu d'un contrat de la Commission de contrôle de l'énergie atomique et l'Hydro Ontario, et ont fait l'objet d'un rapport publié sous le titre de Reappraisal of the Seismotectonics of Southern Ontario, Contribution à l'AMNEC n° 87-01. Des exemplaires supplémentaires du rapport seront bientôt disponibles auprès des bureaux de la Commission de contrôle de l'énergie atomique. (Un résumé du rapport apparaît au chapitre 5 du présent document.) La deuxième phase du projet, parrainée par la Commission de contrôle de l'énergie atomique, est en cours.

Baie Passamaquoddy, Nouveau-Brunswick - La Division de la géophysique a déterminé les objectifs et financé en partie un relevé en bateau effectué en juin 1988 par le Centre géoscientifique de l'Atlantique, Commission géologique du Canada, dans la baie Passamaquoddy et la région de la pointe Lepreau. K. Burke de l'Université du Nouveau-Brunswick a assisté Gordon Fader (CGA/CGC). Un sonar à balayage latéral et un appareillage de sismique réflexion à haute résolution remorqué en profondeur, ont été utilisés pour la détection de failles sur le fond et dans le sous-fond de la baie Passamaquoddy, mais aucune n'a été trouvée. Par contre, on y a découvert une région criblée de trous et une structure plumeuse. K. Burke est à dresser une carte structurale du socle rocheux qui servira à l'évaluation de la sismicité du sud-ouest du Nouveau-Brunswick; il reçoit à cette fin l'appui de la Division de la géophysique, Commission géologique du Canada.

2.4 Analyse et étude de la néotectonique du comté de Prince Edward (Ontario)

Cette étude qui a été confiée sous contrat à G.A. Gorrell d'Oxford Mills (Ontario) a été parrainée par la Commission géologique du Canada et a reçu l'appui technique de la Commission géologique de l'Ontario ainsi que le soutien financier de la Commission de contrôle de l'énergie atomique. Le travail a été effectué dans la partie sud du comté de Prince Edward, où une variété d'éléments ayant une importance néotectonique possible a été repérée à partir de photographies aériennes et de levés sur le terrain. Toutefois, la morphologie actuelle du site n'est pas nécessairement due uniquement à la néotectonique. Les autres facteurs en cause incluent l'activité karstique et les processus glaciaire et postglaciaire. Le rapport et les cartes du chargé de projet devraient être publiés au début de 1989 dans la série des Dossiers publics de la Commission géologique du Canada.

2.5 Programme de forage superficiel, comté de Prince Edward (Ontario)

La Commission géologique de l'Ontario et la Commission géologique du Canada ont collaboré à un programme de forage superficiel vers la fin de l'hiver 1988 en vue de la cueillette de renseignements stratigraphiques et de carottes sur le site d'un soulèvement de terrain près de Gull Pond, dans le comté de Prince Edward. On y a procédé au forage et à la diagraphie de deux trous de sondage, et les carottes prélevées ont été confiées au centre d'entreposage des carottes (Core Storage Facility) du ministère ontarien des Richesses naturelles à Tweed (Ontario). On peut prendre les dispositions nécessaires pour voir les carottes en communiquant avec Dave Williams, du bureau de Tweed (613-478-2330). Le forage a été exécuté par la Groundation Engineering Contractors inc. de Brampton (Ontario), avec l'appui financier de la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

2.3 Commission géologique du Canada - Recherche relative à des sites donnés

Charlevoix (Québec) - Au cours de la première année où il est devenu pleinement fonctionnel, le nouveau réseau de télémétrie à six points de mesure à enregistrement numérique à trois composantes a produit une grande quantité de données, en partie à cause du nombre élevé et inhabituel de séismes d'envergure moyenne. Trois nouveaux mécanismes focaux ont été déterminés, et d'autres le seront ultérieurement. Les études portant sur la ramification des ondes transversales et visant la détermination des contraintes et de la direction des fissures ont porté fruit dans le cas de certains des plus petits séismes. Les analyses ultérieures mèneront à un modèle amélioré de la structure de la croûte terrestre du biseau sédimentaire de la rive sud (à partir d'une conversion des phases tectoniques) et, de là, à une détermination plus précise de l'épicentre. La recherche sur la paléosismicité des lacs de la région de Charlevoix est effectuée par R. Dorg. L'Université McGill reçoit l'appui de la Division de la géophysique, Commission géologique du Canada.

Comté de Prince Édward - La Division de la géophysique poursuit le relevé de la sismicité à Welcome (près de Port Hope, en Ontario), avec l'appui d'Hydro Ontario, et elle a déterminé un mécanisme focal préliminaire pour le séisme de juillet 1987 du lac Ontario. Des discussions ont eu lieu avec l'Hydro Ontario, et l'on a demandé conseil à la Division de la géophysique quant à la façon de mettre en place un réseau télémétrique à enregistrement numérique à Holden Horseshoe. La collaboration avec la station sismographique de l'Université Queen's se poursuit, et sera accrue ultérieurement lorsque la station aura corrigé ses problèmes de synchronisation.

Ouest du Québec - D'après une étude de sismicité effectuée près du site du séisme du Témiscamingue de 1935, les failles du rift de la vallée de l'Outaouais seraient encore sismiquement actives. Tous les séismes du Témiscamingue se sont produits dans une zone de 50 km de longueur sur 10 km de largeur, de direction nord-ouest et parallèle aux failles du rift. Ils semblent avoir des mécanismes focaux compatibles avec la formation de failles de chevauchement le long des lignes de faille à orientation nord-ouest. Ailleurs, la détermination des épicentres et des mécanismes focaux de certains des épisodes sismiques les plus importants se poursuit, et une étude de P. Govin (Collège Jean-de-Brébeuf) de la documentation historique sur la sismicité au Québec a reçu l'appui de la Division de la géophysique, Commission géologique du Canada.

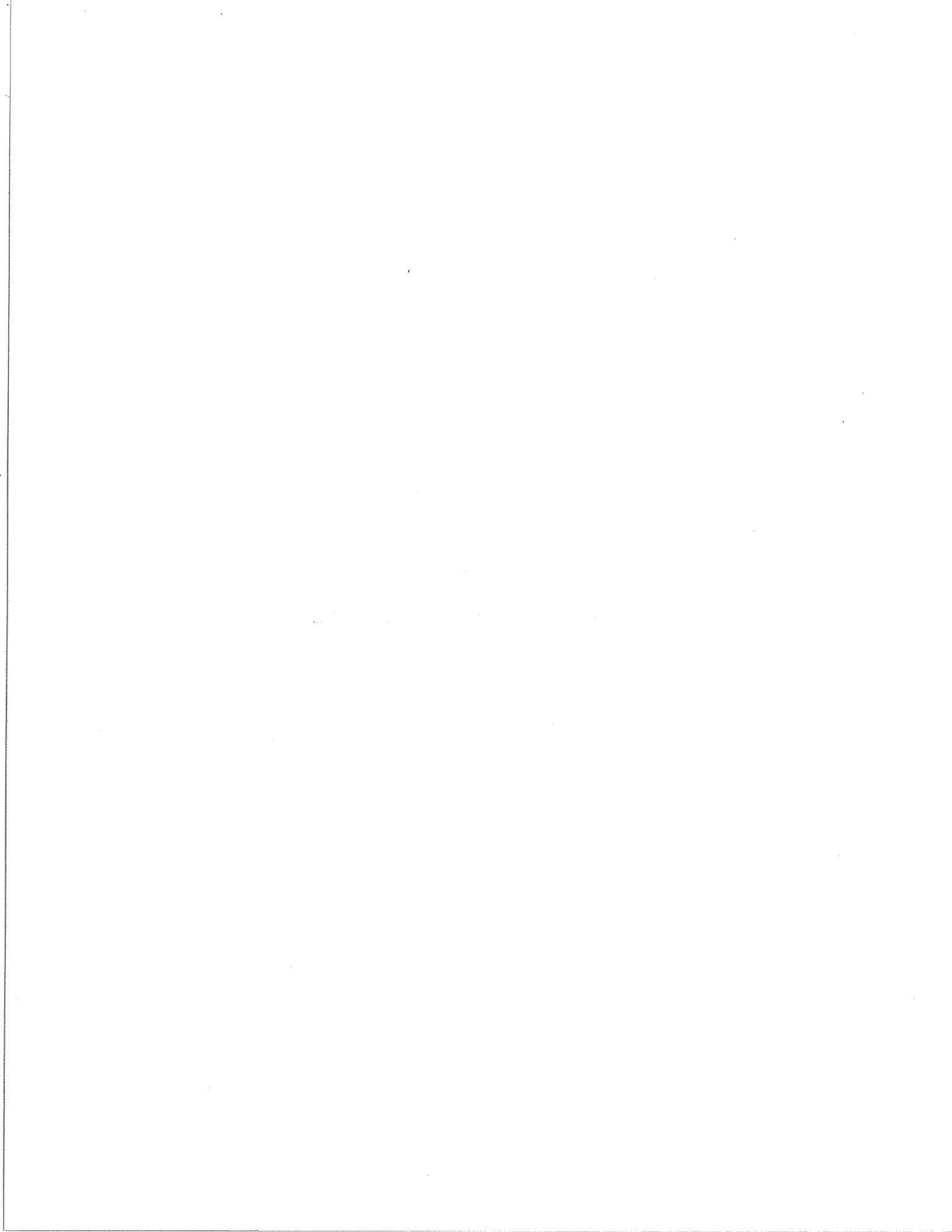
2.1 Fichier des épïcêtres des tremblements de terre canadiens

Les séismes qui se produisent dans l'est canadien continuent d'être repérés le plus rapidement possible. Leurs coordonnées, une fois arrêtées, sont entrées dans le Fichier des épïcêtres des tremblements de terre canadiens, exploité par la Division de la géophysique de la Commission géologique du Canada. Des données sur les phases tectoniques, les hypocentres provisoires et l'intensité des séismes survenant dans l'est du Canada et le nord-est des États-Unis sont transmises dans un bulletin trimestriel du RTEC (Réseau de télémétrie de l'est du Canada) aux exploitants des réseaux sismographiques du nord-est des États-Unis et à toute personne intéressée, trois mois après la fin de chaque trimestre. Toutefois, des données peuvent être obtenues en tout temps en communiquant avec la Division de la géophysique. On trouvera un résumé de la sismicité dans le sud-est du Canada en 1987 dans le présent rapport annuel.

2.2 Évaluation de la sismotectonique, des sources sismiques et des risques sismiques

Le personnel de la Commission géologique du Canada continue d'apporter des révisions à la documentation historique (avant 1928) et à celle datant des premières années de l'ère instrumentale (1928-1968) et portant sur la sismicité dans le sud-est du Canada. Les études de la documentation historique sont presque terminées au Nouveau-Brunswick et à Terre-Neuve, et à moitié terminées en Nouvelle-Écosse; elles viennent de commencer au Québec. Ces études ont mis à jour plusieurs erreurs dans les dates de séismes connus du XIX^e siècle (en fait, plusieurs phénomènes que l'on supposait être des séismes n'en étaient pas et doivent maintenant être rayés du catalogue), de même que plusieurs nouveaux séismes (mais de faible intensité). Les études ont pour but l'établissement d'une échelle régionale de sismicité sur une période plus longue que celle couverte par la documentation de l'ère instrumentale, et excluent la possibilité que des séismes majeurs aient été oubliés. Les études sur la documentation des premières années de l'ère instrumentale comportent le réexamen d'anciens enregistrements sismographiques et la nouvelle localisation des sites de séismes. Les rapports en sont aux dernières étapes de production pour les régions de la mer du Labrador, de la marge continentale sud-est, du bas Saint-Laurent et du Témiscamingue. Ils révèlent que plusieurs sources sismiques sont plus petites et plus concentrées reliées que ne le laisse entendre leur description dans le rapport de 1982 sur le zonage sismique utilisé pour la préparation du Code national du bâtiment de 1985.

Un nouveau zonage sismotectonique pour l'est du Canada fondé sur les résultats ci-dessus et sur le relevé moderne de la microsismicité est en préparation. Ce nouveau plan inclura les aspects traditionnels des sources sismiques entourant les foyers très actifs de sismicité, mais également le cadre structural du rift paléozoïque-mésozoïque décrit dans le résumé de l'étude d'Adams et de Basham apparaissant dans ce rapport.



2. RAPPORTS SUR LES
ACTIVITÉS DE L'AMNEC EN 1987-1988

L'«Association multipartite», abrégée en «AM» dans la première partie de l'acronyme, comprend des spécialistes des sciences de la Terre, qui viennent d'organismes fédéraux et provinciaux ou des universités. Parmi ces organismes, citons la Commission de contrôle de l'énergie atomique, plusieurs divisions de la Commission géologique du Canada, la Commission géologique de l'Ontario, l'Hydro Ontario, le Centre Ontarien de télédétection, Hydro-Québec, la Direction des levés géologique du ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse, l'Université de Toronto, l'Université Queen's, l'Université Laval et l'Université du Nouveau-Brunswick.

Problèmes se posant à l'AMNEC

Le principe d'étudier les vestiges géologiques pour trouver des indices d'une sismicité passée n'est pas nouveau. Des recherches du même type ont déjà été entreprises dans l'ensemble des États-Unis. Elles se poursuivent dans des régions à risques sismiques élevés, telles que la Californie et la côte occidentale du Canada.

L'objectif du Programme AMNEC est louable et il convient d'encourager les recherches sur le terrain faites dans le cadre de ce programme. On doit cependant se rappeler que, en se basant sur les indices accumulés jusqu'à présent, à la fois au Canada et dans la partie orientale des montagnes Rocheuses américaines, on n'a pu établir aucune corrélation positive entre les failles cartographiées et les sites de séisme. Par ailleurs, on n'a établi aucune corrélation sûre entre les anomalies géophysiques et l'emplacement des séismes, mais on a formulé quelques suggestions à ce sujet.

Dans l'est du Canada, il est bien possible qu'au problème de trouver un lien entre la présence d'une faille sismiquement active et une dislocation quelconque du terrain en surface, s'ajoutent l'impact de la présence d'une importante couverture de glace ou l'absence à la surface du sol de toute expression du phénomène géologique qui a engendré le séisme.

Autre complication, il reste à essayer de déterminer pourquoi les contraintes semblent concentrées dans certaines régions et pas d'autres. Cet effet résulte peut-être de l'action combinée des contraintes tectoniques, isostatiques et résiduelles. Quels que soient les problèmes que les participants au Programme AMNEC rencontrent au cours de leur exploration du terrain et de leurs efforts d'interprétation des résultats, il est clair que l'objectif du Programme AMNEC mérite leur attention.

Le programme fera l'objet d'un examen périodique et il est fort possible qu'à une autre réunion de l'Association géologique du Canada (AGC), l'année prochaine ou dans les années à venir, l'on obtienne de nouvelles données importantes. Même si les contributions de nouvelles données sont relativement modestes, il est certain que l'information recueillie dans le cadre de ce programme, à condition d'être correctement documentée et intégrée à la fois par les géologues et les géophysiciens, nous donnera de nouveaux éclaircissements sur les processus géologiques et dynamiques qui influencent la planète où nous vivons et les structures que nous avons choisi d'y construire en surface ou sous terre.

Comme l'indique l'échelle de temps horizontale de la figure 2, la période totale d'enregistrement de la sismicité au Canada est d'environ 100 ans, mais la documentation historique détaillée sur la sismicité dans l'est du Canada couvre une période beaucoup plus courte. On peut élargir cette information sur la sismicité en analysant la documentation relative aux mouvements sismiques ressentis, ce qui permet de prolonger l'historique des séismes d'une centaine d'années.

Pour augmenter la durée de la documentation sismologique sur une région donnée, on dispose seulement de deux solutions. La première est de s'armer de patience et d'attendre simplement que surviennent les événements. C'est ce que l'on fait habituellement et on ne peut accélérer le processus. La seconde solution est d'explorer les témoins géologique qui pourrait bien contenir des indices des épisodes sismiques antérieurs. Si l'on en trouve, il reste à confirmer le lien entre ces indices et la sismicité, à en estimer l'intensité et à en déterminer la date.

La seconde partie de l'acronyme est «N» qui signifie «néotectonique». La roche et les matériaux de surface contiennent des structures qui révèlent les mouvements géologiques apparemment récents ou les phénomènes néotectoniques. Citons l'exemple du rejet des trous de sondage observé sur la face d'une tranchée de route à Kingsford (Ontario) où des trous de sondage traversant la partie supérieure de la coupe sont décalés le long d'un plan horizontal de stratification par rapport à leur prolongement dans la partie inférieure de cette coupe. Un autre détail qui apparaît assez souvent au plancher des carrières et sur les affleurements de roches sédimentaires subhorizontales dans le sud de l'Ontario est le soulèvement de terrain. On en rencontre un exemple sur la rive septentrionale du lac Ontario, dans le comté de Prince Edward qui est activement exploré dans le cadre du Programme AMNEC.

Un exemple peut-être encore plus frappant de dislocation du terrain est celui du décalage en gradins des ardoises de la région de St-John (Nouveau-Brunswick). A cet endroit, les décalages en gradins ont modifié les striaes glaciaires, ce qui témoigne de l'âge postglaciaire des mouvements.

Dans la région de l'île aux Coudres, au Québec, des filons argileux ont été injectés dans les sables, ce que l'on peut attribuer à la manifestation de pressions interstitielles transitoires excessives durant une période sismique.

Un monticule de sable, déposé dans la zone sismique de Charlevoix, au Québec, par des eaux souterraines émergentes, représente peut-être une autre manifestation de cet excès de pression interstitielle transitoire résultant de la sismicité.

Un autre détail qu'il n'est pas rare de remarquer dans les sédiments laminés à grains fins est la présence de structures contournées comme celles que l'on a rencontrées dans une carrière de sable près de Lanark (Ontario). Ces sédiments sont sans aucun doute d'origine glaciaire; leur perturbation s'explique peut-être par la dynamique d'un milieu fluvioglaciaire ou glaciolacustre, ou par un affaissement faisant suite à la fonte d'un glacier, mais on doit aussi envisager la possibilité que des épisodes sismiques ont contribué à leur formation.

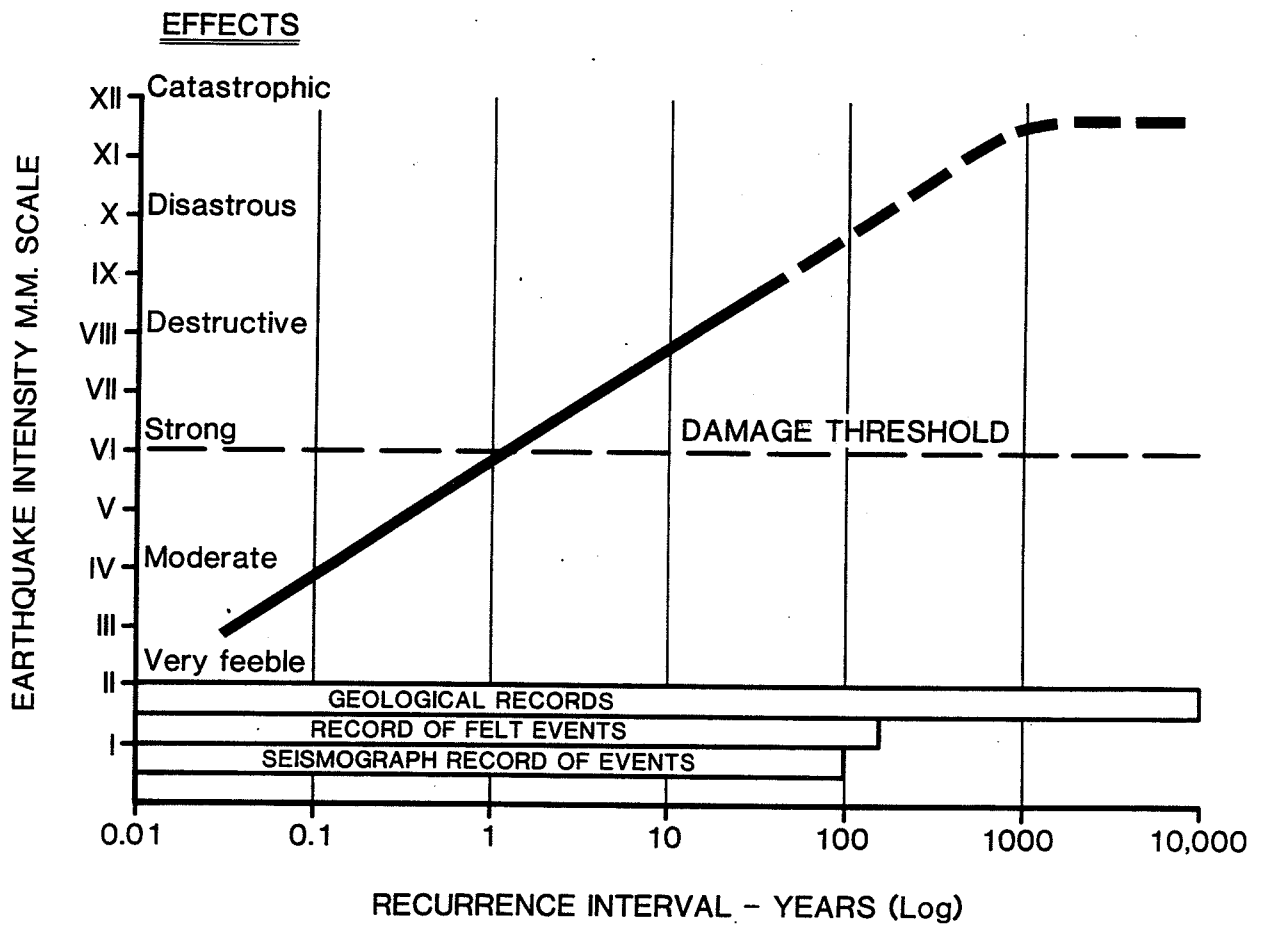


Figure 1.2 Le concept de l'AMNEC; diagramme implicite de la relation magnitude-fréquence des tremblements de terre dans l'est du Canada (MM = Échelle de Mercalli modifiée d'intensités de tremblement de terre).

Le Programme AMNEC

Pour commencer, il est peut-être utile d'examiner les éléments de l'acronyme AMNEC, mais dans l'ordre inverse. Tout d'abord «EC» signifie «est canadien», c'est-à-dire l'est de l'Ontario, les basses-terres du Saint-Laurent et la région des Maritimes, en particulier le Nouveau-Brunswick, régions caractérisées par plusieurs zones sismiques. Il existe en Ontario et au Nouveau-Brunswick, des centrales nucléaires actuellement exploitées auxquelles on prévoit d'ajouter de nouvelles installations électronucléaires. Comme l'indique la figure 1, les régions qui présentent un intérêt particulier pour le Programme AMNEC sont le comté de Prince Edward (CPE), situé à l'extrémité de la faille de Clarendon-Linden qui traverse la partie septentrionale de l'État de New York, la zone sismique de Charlevoix dans le bas Saint-Laurent (CHV) et la région de la baie Passamaquoddy au Nouveau-Brunswick (BPS).

La figure 2 est une représentation graphique simplifiée plutôt qu'une illustration précise de l'intensité en fonction de l'intervalle de récurrence des séismes possibles dans l'est du Canada. Bien que ce graphique ne s'applique pas à une zone particulière de l'est du Canada, la pente de la courbe linéaire représente approximativement la relation entre l'intensité et la récurrence dans la zone sismique de Charlevoix.

Ce schéma diffère légèrement des schémas classiques d'analyse des risques sismiques. Il montre que pour décrire les effets des épisodes sismiques sur les structures artificielles et naturelles, il est préférable de déterminer l'intensité sismique selon l'échelle modifiée de Mercalli plutôt que selon les intensités déduites de l'échelle de Richter. On peut donner un sens plus large à «structure naturelle» de façon à inclure les ensembles sédimentaires et autres éléments géologiques qui peuvent être modifiés par des épisodes sismiques. Ces modifications peuvent consister en déplacements linéaires des roches et des sols, ainsi qu'en divers types de rupture de terrains, par exemple, des glissements de terrain et des éboulements ou la liquéfaction des dépôts sédimentaires à grains fins.

Il convient de noter que les séismes de faible intensité peuvent avoir une période de récurrence de quelques jours ou de quelques semaines, tandis que ceux qui dépassent le seuil où commencent à se manifester des dommages et qui sont les plus intéressants du point de vue de l'évaluation des risques, ont une période de l'ordre de quelques années à quelques dizaines d'années. Il est évident que la courbe linéaire des tendances ne peut être indéfiniment ascendante. Dans le cadre du programme, l'affinement de l'analyse des risques sismiques consistera en partie à établir une projection réaliste ascendante de la courbe linéaire de tendance au-delà de la valeur 9 de l'intensité selon l'échelle modifiée de Mercalli, chiffre enregistré, par exemple, dans la région de Charlevoix.

De façon très simplifiée, la détermination de l'intensité des risques sismiques dans une région donnée est fonction de la documentation historique d'événements sismiques de diverses intensités et de la durée de cette documentation. Si l'on dispose d'une documentation historique de longue durée, comme c'est le cas en Chine, et si l'on connaît suffisamment les structures géologiques qui, de toute évidence, sont sismiquement actives, il est facile de définir des zones sismiques et de formuler une évaluation fiable des risques sismiques.

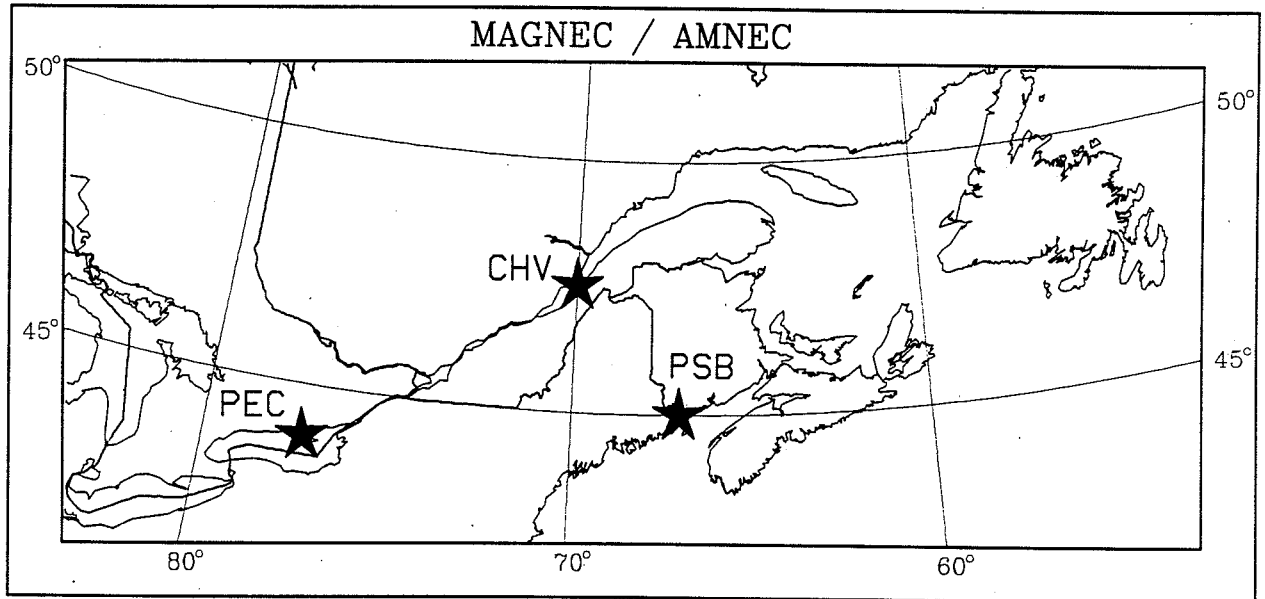


Figure 1.1 La région de l'est du Canada qui intéresse l'AMNEC (Agence Multi-partite pour la Néotectonique dans l'Est Canadien). Les astérisques indiquent les cites particulièrement intéressants : (CHV - zone sismique de Charlevoix; PEC - comté Prince Edward; PSB - baie Passamaquoddy).

J.S. Scott
Commission géologique du Canada

(Note du rédacteur : Une séance spéciale d'une journée sur "La néotectonique dans l'est du Canada", parrainé par l'AMNEC, a eu lieu durant l'assemblée annuelle mixte de l'Association géologique du Canada et l'Association minéralogique du Canada, à l'Université Memorial de St. John's (Terre-Neuve), le 25 mai 1988. Le présent rapport est une version corrigée de la communication faite par M. J.S. Scott, le nouveau président de l'AMNEC, à la séance d'inauguration.)

Au début de cette année, j'ai accepté de présider le programme sur l'Association multipartite pour la néotectonique dans l'est canadien. Par la suite, les organisateurs de ce colloque m'ont prié de présenter le discours d'introduction. Je remercie les organisateurs du colloque et les auteurs du sommaire publié de l'article original d'introduction, en particulier John Adams¹, qui m'a aimablement cédé sa place d'orateur et m'a ainsi donné l'occasion de décrire le programme.

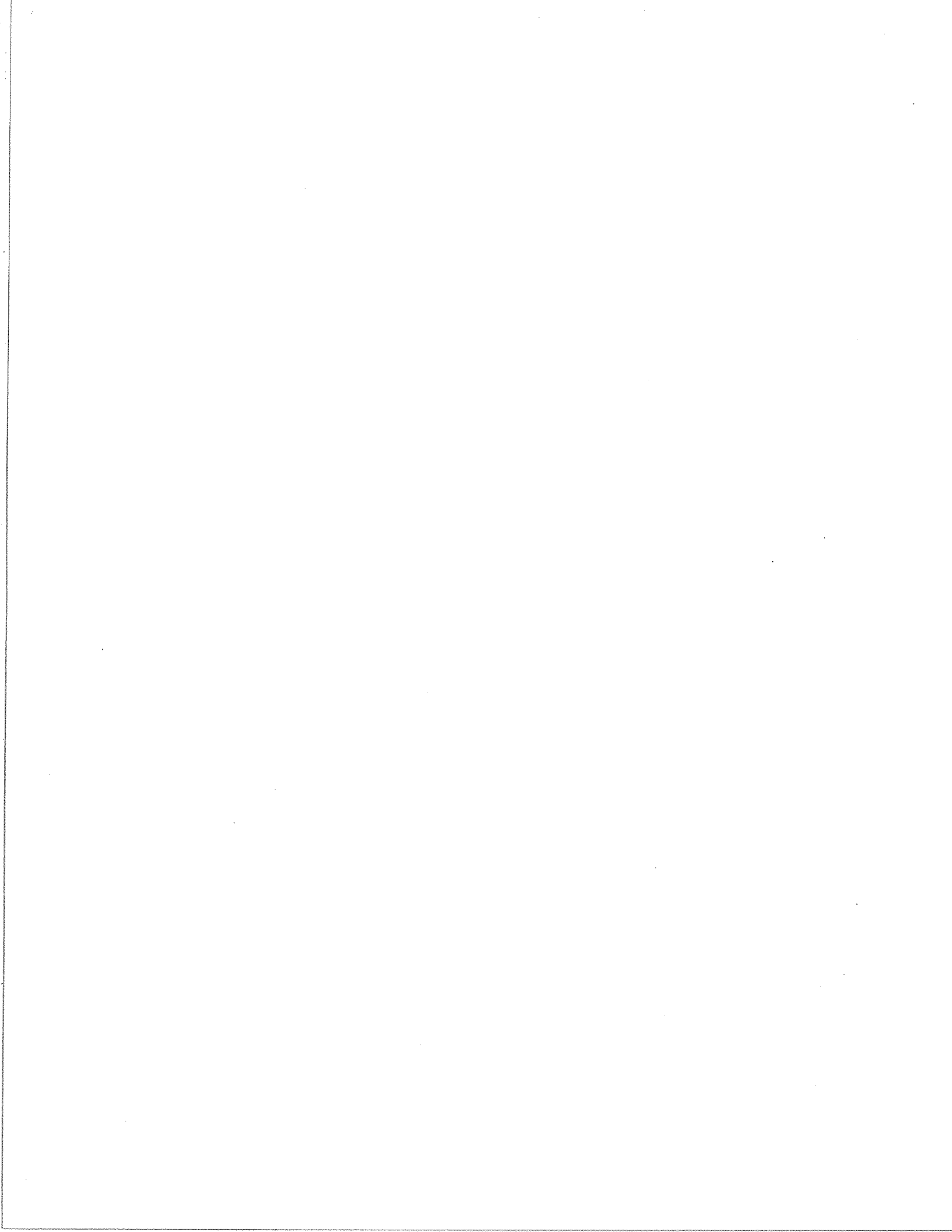
Ce programme est à la fois une activité intéressante et pragmatique, regroupant plusieurs organismes, dont le but est de combiner les compétences des géophysiciens et des géologues. Ceux-ci évalueront avec plus de précision les risques sismiques dans l'est du Canada, en particulier dans les sites où l'on prévoit installer des structures «critiques», telles que des installations nucléaires ou des installations souterraines de stockage du gaz.

Historique de l'AMNEC

Ce colloque a été la première occasion de présenter le Programme AMNEC durant une conférence scientifique et de faire un bref exposé sur les éléments du programme. L'étude identifie les lieux où se déroulent généralement les activités du programme, permet d'en connaître les thèmes en gros et indique la participation de plusieurs groupes de chercheurs.

L'idée du projet est attribuable à John Bowlby d'Hydro Ontario, qui a commencé à réfléchir à ce programme en 1985. Le soutien à ce type de programme vient aussi de la Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA) dont c'est la responsabilité d'évaluer certaines applications techniques, en particulier par les services publics d'électricité en vue de la construction de centrales nucléaires qui doivent répondre à des normes plutôt strictes de conception antisismique. Citons les recherches de John Adams et autres chercheurs qui précèdent les efforts et les rejoignent, sur divers déplacements de la roche en place attribuables à des épisodes de sismicité ou à d'autres manifestations de la libération des contraintes qui s'exerçaient sur le terrain. Il est donc logique que l'on cherche à combiner les besoins pratiques d'une importante entreprise de service public et d'un organisme de réglementation, et en même temps à satisfaire la curiosité des chercheurs de plusieurs organismes de façon à constituer un programme. Celui-ci a été mis sur pied au début de 1986 avec pour objectif «d'intégrer les études géologiques et sismotectoniques, de façon à affiner l'évaluation des risques sismiques auxquels est exposé l'est du Canada». Cette formulation a ensuite été élaguée pour devenir tout simplement «évaluation intégrée des risques sismiques dans l'est du Canada».

¹ Dr. J.E. Adams, Division de la Géophysique, Commission géologique du Canada; Président de l'AMNEC, 1986-1988



1. LE PROGRAMME AMNEC
INTRODUCTION

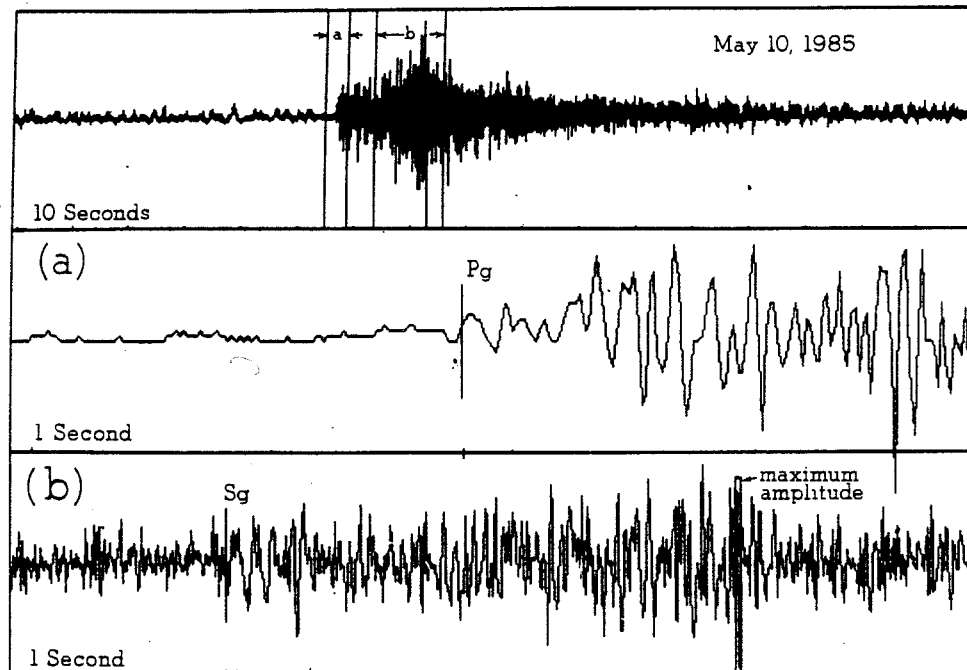
	PAGE	
4.9	Interprétation géologique de la géophysique régionale caractérisant la zone métasédimentaire centrale, par D.A. Forsyth, J.M. Moore, D. Abbinett et J. Halpenny	43
4.10	Études géophysiques de la zone médisédimentaire centrale dans la province de Grenville (Québec et nord de l'État de New York), par D.A. Forsyth, M.D. Thomas, D. Real, D. Abbinett, J. Broome et J. Halpenny	44
4.11	Étude des éléments néotectoniques caractérisant le comté de Prince Edward dans le sud de l'Ontario, par G.H. McFall, G.A. Gorrell, O.L. White et P.J. Barnett	45
4.12	Réévaluation de la sismotectonique du sud de l'Ontario-Projet 1 : Nouvelle détermination de l'emplacement des séismes et des tendances de la sismicité, par A.A. Mohajer	47
4.13	Le réseau sismographique de télémétrie de la région de Sudbury, par M. Plouffe, M.G. Cajka, R.J. Wetmiller et M.D. Andrew	49
4.14	Déformation des dépôts quaternaires du sud-ouest du Nouveau-Brunswick : Possibilités d'effets néotectoniques, par A.A. Ruitenberg	51
4.15	Activité sismique dans le nord de l'Ontario en 1987, par R.J. Wetmiller et M. Cajka	53
5.	RAPPORTS SOUMIS A L'AMNEC	58
5.1	Réévaluation de la sismotectonique du sud de l'Ontario, par A.A. Mohajer, Université de Toronto, pour Ontario Hydro (novembre 1987)	59
5.2	Néotectonique dans les provinces maritimes, par G.L. Martin, Language Unlimited, pour la Commission de contrôle de l'énergie atomique (mars 1988)	61
5.3	Analyse et étude de la documentation sur la néotectonique du comté de Prince Edward, en Ontario, par G.A. Gorrell, expert-conseil, pour la Commission géologique du Canada (mars 1988)	61

TABLE DES MATIERES

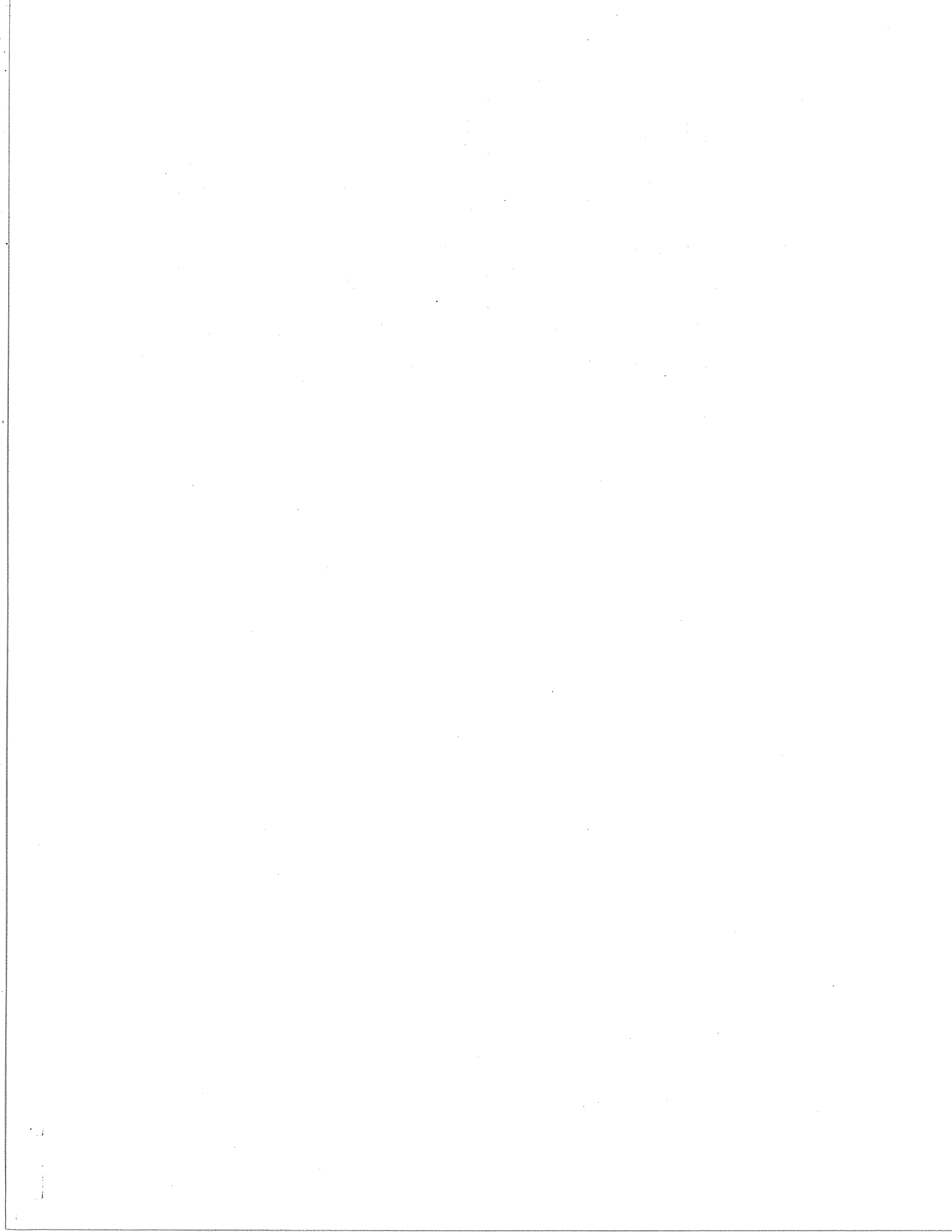
	PAGE
1. LE PROGRAMME AMNEC - INTRODUCTION - J.S. Scott	1
2. RAPPORTS SUR LES ACTIVITÉS DE L'AMNEC EN 1987-1988	9
3. LE PROGRAMME DE 1988-1989	17
Provinces maritimes	
Région de Charlevoix (Québec)	
Sud de l'Ontario et ouest du Québec	
Collaboration avec des organismes des États-Unis	
Liste des organismes participants	
4. RÉSUMÉS DÉTAILLÉS	25
4.1 Contraintes sur la croûtes terrestre dans l'est du Canada, par J. Adams	27
4.2 Sismicité et sismotectonique du Labrador et de la mer du Labrador et liens avec les structures sismogéniques des rifts de l'est du Canada, par J. Adams, F.M. Anglin et P.W. Basham	29
4.3 Sismicité et sismotectonique de la marge et du craton de l'est du Canada, par J. Adams et P.W. Basham	32
4.4 Nouveaux mécanismes focaux proposés pour les séismes dans le sud-est du Canada, par J. Adams, J. Sharp et M.C. Stagg	34
4.5 Étude historique de la sismicité dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick, par J. Burke, R. Comeau, S. Slauenwhite et P. Biddiscombe	36
4.6 Étude des structures néotectoniques possibles du sud-ouest du Nouveau-Brunswick, par K. Burke et P. Stringer	37
4.7 Évaluation géologique de la sismicité de la région de Charlevoix (Québec), par J.Y. Chagnon et J. Locat	39
4.8 Activité sismique dans l'est du Canada depuis 1987, par J. Drysdale	41



Rejets de trous de sondage, un phénomène géologique récent, dans une tranchée de route près de Kingsford, en Ontario (CGC, photo 204120-A, juin 1988, J.A. Heginbottom)



Enregistrement sismographique d'un séisme mineur relevé à Eldee, en Ontario, et qui s'est produit à 70 km de cette ville, le 10 mai 1985 (Commission géologique du Canada). Il est à noter que l'échelle de temps horizontale a été amenée de 10 secondes, dans la fenêtre supérieure, à une seconde dans les fenêtres moyenne et inférieure.



Les rédacteurs remercient, particulièrement, Mlle Katherine Gareau, de la Commission géologique du Canada, qui a dactylographié les versions anglaise et française de ce rapport ainsi que M. Gilles Plante de la Commission de Contrôle de l'énergie atomique qui a rédigé la version française.

J.A. Heginbottom
J.L. Wallach

PRÉFACE

Ce document constitue le premier rapport annuel de l'AMNEC, l'Association multipartite pour la néotectonique dans l'est canadien. Le but premier de ce rapport est de renseigner le lecteur sur les plans de l'AMNEC pour l'année financière en cours, et de lui présenter, grâce à de brefs rapports, un résumé des progrès accomplis l'année dernière.

Le programme de l'AMNEC comporte des activités de recherche dans diverses régions géographiques du Canada et dans des disciplines géoscientifiques distinctes, et ces activités visent essentiellement l'amélioration de l'évaluation des risques sismiques dans l'est du Canada. La philosophie, l'origine et le mandat de l'AMNEC sont décrits par J.S. Scott dans la section intitulée «Le programme AMNEC - Introduction». Pour que l'objectif de l'AMNEC puisse être atteint, il nous faut remonter dans le temps afin de connaître les épisodes sismiques antérieurs et obtenir ainsi une image plus représentative du lieu et du moment où des activités sismiques ont eu lieu, et des éléments géologiques les plus susceptibles d'être sismiquement actifs. Pour ce faire, il faut trouver et évaluer les indices géologiques d'activité néotectonique (récente d'un point de vue géologique), et combiner ces indices avec de nouvelles données et les données existantes sur les épisodes sismiques.

La réalisation du mandat de l'AMNEC nécessite que l'on consacre des efforts à la recherche d'éléments susceptibles de dénoter des activités sismiques et tectoniques récentes, par exemple, des glissements de terrain, des laminations contournées, des injections de sable (volcans de sable), des failles, des fractures et des plissements, ou encore la preuve d'une liquéfaction de dépôts non consolidés. Tous les éléments précédents, observés dans les dépôts sédimentaires formés pendant ou après les glaciations du Pléistocène qui ont couvert la plus grande partie de l'est du Canada, sont incontestablement récents et peuvent donc constituer des indices possibles de l'instabilité de la croûte terrestre et de séismes. Par contre, ces éléments peuvent n'être que le résultat de processus glaciaires ou sédimentaires, et dans ce cas, ils n'ont rien à voir avec l'instabilité géologique récente. On ne peut néanmoins les ignorer; ils doivent être étudiés, évalués et interprétés à la lumière de données sur tous les processus géologiques, tectoniques ou autres, et de notre compréhension de ces phénomènes.

Les structures du socle rocheux, particulièrement les failles, soulèvent un problème différent, car leur âge est incertain. Tout ce que l'on peut dire de la plupart de ces structures, c'est qu'elles sont plus récentes que la roche où elles sont observées. Dans l'est canadien, cela n'est pas très utile dans la reconnaissance de mouvements tectoniques récents, étant donné que les roches les plus jeunes datent du Crétacé (de 80 à 120 millions d'années) et qu'elles ne constituent qu'une toute petite fraction du total. Les roches du Précambrien (> 600 millions d'années) et du Paléozoïque inférieur et moyen (environ 420 à 600 millions d'années) prédominent. Parmi les phénomènes géologiques explorés et étudiés, on compte différents éléments du socle rocheux, par exemple, les failles qui peuvent affecter les sédiments sous-jacents, les soulèvements de terrain, les rejets de trous de sondage et d'autres indices de contrainte ou de déplacement de la roche.

DISPONIBILITÉ DES RAPPORTS

Des copies de ce rapport sont disponibles pour consultation dans toutes les bibliothèques de la Commission géologique du Canada.

Commission géologique du Canada
601, rue Booth
Ottawa, Ontario
K1A 0E8
Télé: (613) 995-4342

Institut de géologie sédimentaire
et pétrolière
3303, rue 33 N.W.
Calgary, Alberta, T2L 2A7
Télé.: (403) 284-0375

Centre géoscientifique de
l'Atlantique
Institut océanographique de Bedford
B.P. 1005
Dartmouth, N.E. B2Y 4A2
Télé.: (902) 426-3410

Division géoscientifique de la
Cordillère du Pacifique
Commission géologique du Canada
100 rue West Pender
Vancouver, C.B. V6B 1R8
Télé.: (604) 666-0271

Centre d'information Géophysique
Division de la Géophysique
Commission géologique du Canada
1 Observatory Crescent
Ottawa, Ontario K1A 0Y3
Télé.: (613) 995-5326

Centre géoscientifique du Pacifique
B.P. 6000
9860, chemin Saanich
Sidney, B.C. V8L 4B2
Télé.: (604) 356-6453

Des copies additionnelles peuvent être obtenues à l'adresse suivante:

Ashley Reproductions Inc.
386 rue Bank
Ottawa, Ontario K2P 1Y4
Attention: G. Cloutier
Téléphone: (613) 235-2115

Vous pouvez vous procurer les rapports ci-énumérés aux adresses suivantes:

- 5.1 (Mohajer, 1987)
- 5.2 (Martin, 1988)

La Commission de contrôle de l'énergie atomique
B.P. 1046
Ottawa, Ontario K1P 5S9
Attention : J.L. Wallach
Téléphone : 995-2509

- 5.3 (Gorrell, 1988)

Ashley Reproductions Inc.
386 rue Bank
Ottawa, Ontario K2P 1Y4
Attention : G. Cloutier
Téléphone : (613) 235-2115

Commission géologique du Canada

Dossier public n° 1991

Rapport annuel de l'AMNEC

1988

Rédigé par l'Association multipartite pour la néotectonique dans l'est
canadien

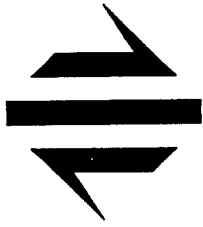
Rédacteurs

J.A. Heginbottom, Commission géologique du Canada, et

J.L. Wallach, Commission de contrôle de l'énergie atomique

Ottawa
février, 1989





MAGNEC
AMNEC

MULTI-AGENCY GROUP FOR NEOTECTONICS
IN EASTERN CANADA

L'ASSOCIATION MULTIPARTITE POUR LA NÉOTECTONIQUE
DANS L'EST CANADIEN

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document a été produit par
numérisation de la publication originale.

Publié par la

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

à titre de Dossier Public n° 1991

Rapport annuel de

l'AMNEC 1988

Mars 1989