

QC
801
C3
1878-79



Énergie, Mines et
Ressources Canada

Energy, Mines and
Resources Canada

Direction de la physique du globe Earth Physics Branch

1 Place de l'Observatoire
Ottawa Canada
K1A 0Y3

1 Observatory Crescent
Ottawa Canada
K1A 0Y3

LIBRARY / BIBLIOTHÈQUE
MAR 19 1980
GEOLOGICAL SURVEY
GÉOLOGIQUE

Rapport sur les activités
de la
Direction de la physique du globe
durant l'année fiscale 1978-79

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.

Q.C
80/
C3
1978/79

Rapport sur les activités de la
DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE
durant l'année financière 1978-1979.

K. WHITHAM, Directeur général

La Direction de la physique du globe est chargée d'assurer la disponibilité des renseignements géophysiques (données, connaissances et expertises) sur la configuration, la structure, les transformations et les processus dynamiques de la lithosphère et sur les risques associés aux phénomènes géophysiques naturels et à ceux provoqués par l'homme, tout en portant une attention particulière au territoire canadien. Cette tâche a été divisée en quatre missions principales:

- Tenir à jour et augmenter les bases de données géophysiques, en mettant en oeuvre les techniques appropriées dans les domaines de la sismologie, de la géothermie, du géomagnétisme, de la gravité et de la géodynamique;
- Fournir de nouveaux concepts et de meilleures explications de la structure géophysique fondamentale du Canada, en vue d'une utilisation rationnelle du sol canadien et de ses ressources;
- Évaluer les risques géologiques au Canada, y compris les tremblements de terre et le pergélisol, et contribuer à l'explication des phénomènes dynamiques actuels de la terre, comme l'expansion des fonds marins, les mouvements verticaux de la croûte terrestre, la rotation et l'oscillation axiale de la terre;
- Mettre à contribution les expertises et les connaissances de la Direction, pour résoudre des problèmes nationaux particuliers: ainsi, à l'heure actuelle, le groupe de la géothermie s'emploie, dans le cadre d'EMR Canada, à rassembler des informations à l'échelle du pays pour l'estimation des ressources géothermiques du Canada; un autre groupe du service de la sismologie assure un vaste service de consultation auprès du ministère des Affaires extérieures pour la détection et l'identification des explosions nucléaires souterraines; un autre groupe encore est engagé dans des études du pergélisol sur les tracés possibles du pipeline du nord; enfin, tous les services de la Direction contribuent à l'élaboration et la mise en oeuvre d'un programme géophysique pour aider à confirmer la notion de stockage ou d'élimination des déchets radioactifs dans les formations géologiques.

Afin de réaliser ces objectifs, la Direction exploite des réseaux d'observatoires sismologiques, géodynamiques et magnétiques; procède à des levés sur le terrain pour améliorer et compléter la couverture cartographique des champs magnétiques et gravimétriques, cartographier le régime géothermique du pays, y compris le pergélisol, et obtenir des données paléomagnétiques et sismologiques de certaines régions ou zones d'activité; entreprend des recherches prévisionnelles sur les phénomènes géophysiques. Comme un grand nombre des phénomènes géophysiques étudiés se retrouvent à l'échelle mondiale, la Direction participe à des échanges de données géoscientifiques dans les disciplines concernées, collabore activement avec les Centres mondiaux de données, et c'est elle qui représente le Canada au sein du Centre international de la sismologie.

Tous les travaux mentionnés précédemment sont effectués par trois Divisions scientifiques, aidées par une Division de l'Administration qui fournit les services centraux de soutien administratif et technique, comme l'établissement des budgets, la comptabilité, la gestion des dossiers et de la propriété, les services des magasins, du dessin, de la photographie, des bibliothèques, de la menuiserie et de l'usinage. Les trois divisions scientifiques poursuivent leurs études dans le cadre de cinq sous-activités:

les Services de la sismologie, de la géothermie, du géomagnétisme, de la gravité et de la géodynamique du Canada.

Le programme scientifique est mené à partir des bureaux de la Direction de la physique du Globe, à Ottawa, et du Centre géoscientifique du Pacifique, à l'Institut d'océanologie de la baie Patricia, près de Sidney (C.-B.). À la fin du mois de mars 1979, 18 employés de la Physique du Globe, soit environ 11 pour cent de la capacité de la Direction, travaillaient au C.G.P.; d'autres mutations sont prévues au cours des prochaines années, étant donné que la recherche portant sur les problèmes de l'Ouest canadien est décentralisée autant que possible. En 1978-1979, les dépenses de la D.P.G. se chiffraient à 8,07 millions de dollars; un montant supplémentaire de \$470,000 a été fourni par l'O.R.D.E et par le M.D.T. pour la recherche et le développement énergétiques. L'effectif limite de la Direction était de 170 personnes-années.

A la fin de la période à l'étude, les camps principal et satellites du programme LOREX sur la dorsale de Lomonosov ont été installés près du Pôle Nord par le personnel de la Direction, en collaboration avec celui de l'Étude du plateau continental polaire. Cet important projet multidisciplinaire du Canada dans le domaine de l'exploration de l'océan Arctique, conçu et coordonné par la D.P.G., a retenu l'attention du public.

DIVISION DE LA SISMOLOGIE ET DES ÉTUDES GÉOTHERMIQUES

M.J. Berry, Directeur

La Division de la sismologie et des études géothermiques est chargée d'effectuer des études sismologiques et géothermiques de par le pays, grâce à l'activité de deux services. Le Service de la sismologie surveille les mouvements sismiques du sol canadien au moyen d'un certain nombre de réseaux de sismographes répartis dans tout le pays. Les données provenant des diverses stations permettent d'établir la sismicité du Canada et d'évaluer les risques sismiques, particulièrement dans les régions situées autour des centres urbains et des secteurs industriels se trouvant dans des zones exposées aux tremblements de terre. Ces données fournissent en outre de l'information concernant la structure du sol canadien et la nature du manteau et du noyau de la Terre. Des études théoriques d'envergure et des essais spéciaux sur le terrain sont entrepris en complément des relevés des observatoires sismiques. Le Service des études géothermiques effectue de la recherche sur le régime thermique du sol dans toutes les parties du Canada. Cette recherche s'oriente dans trois directions principales: l'examen de la répartition et du caractère du pergélisol, en vue de fournir l'information pertinente pour satisfaire aux besoins des industries de matières premières et aux organismes de réglementation; l'évaluation des ressources géothermiques comme source d'énergie au Canada, dans le cadre du programme de recherche, de développement, et de démonstration appliqué aux ressources énergétiques renouvelables; et l'étude des processus tectoniques en vue de mieux comprendre l'évolution de la croûte terrestre et de localiser l'emplacement des ressources.

Les activités géophysiques de la Direction dans l'Ouest canadien, pour 1978-1979, ont été effectuées à partir du Centre géoscientifique du Pacifique, et sont présentées dans une section distincte.

SERVICE DE LA SÉISMOLOGIE

Surveillance des mouvements sismiques du sol

Le Service de la séismologie est chargé de l'exploitation de stations séismographiques dans tout le Canada, de la mise au point et de l'étalonnage des instruments séismographiques, du contrôle de la qualité ainsi que de la collecte et de la diffusion des données séismologiques. À la fin de la période d'étude, soit 1978-1979, les observations étaient enregistrées à 19 stations régulières et à 22 stations régionales. Pendant la période à l'étude, trois nouvelles stations régionales ont été installées dans le sud-ouest du Yukon, dans le cadre du programme mené en coopération avec la Foothills Pipe Lines (Yukon) Ltd. et une nouvelle station régionale a été installée à Pinawa (Manitoba), dans le cadre du programme mené en coopération avec l'Énergie atomique du Canada Limitée. L'exploitation du réseau téléométrique de l'Est du Canada se fait au moyen de réseaux téléphoniques ou radiophoniques qui transmettent à Ottawa les signaux provenant des neuf stations, y compris Fitzroy Harbour (Ontario), avec la collaboration de l'Hydro-Ontario, Manicouagan et Gentilly (Québec) avec la collaboration de l'Hydro-Québec, et trois stations près du réservoir de la centrale LG2, avec la collaboration de la Société d'Énergie de la Baie James. Le réseau séismologique de Yellowknife a poursuivi son activité et le matériel de transmission automatique a continué de communiquer l'information numérique sur des événements sismiques détectés à l'ordinateur d'Ottawa.

Gestion des données séismologiques

Les stations régulières communiquent annuellement des renseignements sur environ 30,000 phases P, qui sont ensuite communiqués, via Ottawa, aux centres internationaux, afin de définir les phénomènes sismiques se produisant dans le monde entier. Afin de satisfaire à la demande des établissements de recherches nationaux et internationaux pour les données provenant du réseau canadien, les relevés des séismogrammes sont microfilmés et déposés dans les fichiers des Centres mondiaux des données.

Le laboratoire du traitement des données sismiques d'Ottawa se charge des données séismologiques spéciale provenant du réseau de Yellowknife, des projets sur le terrain et des stations spéciales temporaires. Ce laboratoire sert de centre d'enregistrement pour le réseau téléométrique de l'est du Canada, en vue de l'analyse de recherches spéciales conjuguées ainsi que de la transcription et de la communication des données demandées par des organismes extérieurs. A la fin de la période à l'étude, on effectuait certains changements au laboratoire de traitement des données, afin de l'agrandir pour être en mesure de recevoir des informations provenant des stations téléométriques supplémentaires qui entrèrent en service en 1978.

Le système d'enregistrement du réseau téléométrique de l'Est du Canada possède un détecteur qui se déclenche automatiquement et emmagasine des données numériques sur les mouvements sismiques détectés. Il produit des bandes relatives aux tremblements de terre locaux et éloignés, que l'on conserve dans une bibliothèque en vue d'une analyse de recherche ultérieure. Durant la période à l'étude, des améliorations au système de logistique et au matériel ont permis d'augmenter la capacité du système à satisfaire aux nouvelles demandes liées au choix de l'emplacement des réacteurs nucléaires.

Etudes séismologiques de la dynamique de la Terre

En 1977-1978, le Service a poursuivi son étude des tremblements de terre au Canada selon trois calendriers généraux: une détermination rapide (en

moins de 48 heures environ) des paramètres de l'épicentre des tremblements de terre qui peuvent intéresser ou préoccuper le grand public; la rédaction de listes préliminaires bi-mensuelles de l'activité sismique, à l'intention des organismes concernés; et la publication de catalogues annuels complets des tremblements de terre au Canada et dans les régions adjacentes. Ces études sur les phénomènes sismiques au Canada sont basées sur les enregistrements provenant de stations sismographiques et elles permettent localiser les régions de forte activité sismique, d'évaluer les risques de tremblements de terre et de contribuer aux études géophysiques générales des forces tectoniques qui s'exercent en territoire canadien.

Le personnel du Service a répondu à plusieurs demandes des médias et du public, concernant les tremblements de terres et d'autres phénomènes. Le plus important tremblement de terre au Canada depuis celui de 1964, dont l'épicentre se trouvait en fait dans la baie Prince-Guillaume (Alaska), s'est produit dans la zone alaskane du massif Saint-Elie, le 28 février 1979. La magnitude était de 7,7; le choc s'est fait sentir dans de vastes régions. Le tremblement de terre a causé des dégâts mineurs dans le sud-ouest du Yukon et le nord-ouest de la C.-B. Le Service a entrepris des études spéciales concernant ce tremblement de terre, avec la collaboration de la U.S. Geological Survey (Commission géologique des États-Unis). Il y a eu six tremblements de terre modérés en Colombie-Britannique et quatorze secousses sismiques mineures dans l'Est du Canada, entre le Nouveau-Brunswick et l'Est de l'Ontario.

Des études spéciales se sont poursuivies sur les tremblements de terre importants au Canada. Le fonctionnement continu d'un réseau de sept stations spéciales dans la région de Charlevoix (Bas Saint-Laurent) a fourni des données suffisantes pour élaborer exactement un modèle tridimensionnel de l'activité microsismique. Une étude exhaustive du tremblement de terre du 28 février 1978 près de Saint-Donat (Québec) a révélé que des conditions uniformes de tension existent dans tout l'ouest du Québec, et les données disponibles suggèrent un changement systématique des profondeurs de tremblements de terre dans la zone active. Un levé sismographique au moyen de sismographes portatifs a été exécuté dans le nord de l'île Baffin en septembre et en octobre 1978. L'analyse des tremblements de terre détectés se poursuit; elle devrait permettre de délimiter exactement la zone active et de mettre en corrélation la sismicité et d'autres éléments géologiques et géophysiques. L'analyse des données provenant des nouvelles stations du sud-ouest du Yukon commence à délimiter la sismicité par rapport aux failles cartographiées dans cette région géologique complexe. Une étude de tous les renseignements disponibles cherche à établir une corrélation entre la sismicité et les données géologiques, géophysiques et géodétiques, les données de tension, de Landsat et d'autres données dans la zone sismique de l'Ouest du Québec et de l'Est de l'Ontario.

Le Service a poursuivi ses travaux en coopération avec l'Hydro-Québec et la Société d'Énergie de la Baie James, de façon à surveiller l'activité sismique aux environs des centrales Manic et La Grande 2. Trois stations télémétriques ont été installées près du réservoir La Grande 2 en octobre 1978, avant le remplissage de ce dernier. Environ 100 micro-tremblements de terre induits ont été localisés pendant la période de remplissage du réservoir au printemps 1979. La surveillance des secousses de petite échelle, en coopération avec l'Hydro-Ontario et l'Hydro-Québec, se poursuit en ce qui a trait aux emplacements possibles de centrales nucléaires, et avec l'Énergie atomique du Canada Limitée, en ce qui a trait à l'analyse initiale de certaines régions envisagées pour le programme d'élimination des déchets radioactifs.

Le Service sismologique répond à de nombreuses demandes de renseignements sur le risque sismique, demandes provenant d'ingénieurs, d'organismes gouvernementaux et du public. La recherche insiste actuellement sur la compilation de nouvelles cartes des zones sismiques du Canada. Les récentes données de base sur la sismicité sont utilisées de concert avec de nouvelles méthodes d'analyses afin de produire des cartes qui fourniront aux ingénieurs divers paramètres sur les grandes secousses sismiques. Le Service continue à participer au Comité national canadien sur les tremblements de terre et au comité technique de l'ACNOR pour rédiger la norme "Seismic Qualification of CANDU Nuclear Power Plants" (la qualification sismique des centrales nucléaires CANDU).

Etudes sismologiques de la structure terrestre

Le Service étudie les processus dynamiques, les matières et la structure de la Terre sous le territoire canadien au moyen d'un large éventail de techniques basées sur les temps d'arrivée et les amplitudes des ondes sismiques que transmettent les tremblements de terre et les secousses nucléaires éloignées, ou encore des sources sismiques artificielles, à de courtes distances. Les ondes sismiques constituent une des rares sondes directes dont disposent les géoscientifiques pour étudier les propriétés de la Terre, depuis les couches superficielles jusqu'au noyau interne.

Les études sismologiques de la région de Charlevoix dans le bas Saint-Laurent se sont poursuivies avec les recherches géophysiques très diversifiées dans cette zone de grande activité sismique. Trois explosions ont été déclenchées en mai 1978. L'une d'elles s'inscrivait dans le cadre de l'étude continue de la réfraction. Deux autres explosions de mesures ont eu lieu en août; elles faisaient partie d'une série d'explosions servant à observer les variations de la vitesse de propagation et les temps de parcours qui peuvent précéder un grand tremblement de terre. En novembre, deux explosions, déclenchées respectivement à marée haute et à marée basse, avaient pour objet de mettre à l'essai l'hypothèse que la marée peut causer des variations dans la vitesse de propagation. A 2 millisecondes près il n'y a eu aucun changement. L'interprétation de ces données d'explosion concernant la réflexion et la réfraction sismiques a révélé des contorsions structurales dans la croûte terrestre supérieure, probablement à la suite de l'impact du météorite de Charlevoix, il y a 350 millions d'années.

Dans le cadre des études géophysiques du programme commun de recherches E.A.C.L./E.M.R. concernant l'élimination géologique des déchets radioactifs, le Service a entrepris une étude de la variation de la vitesse de compression par rapport à l'azimut et de la profondeur à l'Établissement de recherches nucléaires de Whiteshell (E.R.N.W.) de l'E.A.C.L. près de Pinawa (Manitoba). Des contrats ont été adjugés, et des études de réflexions sismiques à grand pouvoir séparateur ont été faites par la technique Mini-Sosie, à l'E.R.N.W. et à la propriété de l'E.A.C.L. à Chalk River. Une réflexion claire et cohérente à une profondeur approximative de 500 mètres a été obtenue à l'E.R.N.W., elle a été reliée à la zone principale de cisaillement, découverte par forage dans un batholithe. La technique semble être un outil utile pour la reconnaissance et l'évaluation préliminaire des emplacements possible d'élimination des déchets radioactifs.

L'interprétation des données de réfraction sismique enregistrées dans la mer de Beaufort pendant le projet AIDJEX en 1976 a révélé une croûte terrestre qui passe du type océanique au type intermédiaire quand la section se rapproche du plateau continental, au large du nord de l'Alaska. Il semble aussi y avoir une certaine anisotropie de la vitesse de réfraction de la croûte, la vitesse la plus élevée étant normale à la côte de l'Alaska.

La géoscience des explosions nucléaires

Le Service est chargé des recherches fondamentale et appliquée dans les utilisations de la séismologie; en particulier, il poursuit des recherches et conseille le ministère des Affaires extérieures sur tous les sujets ayant trait au contrôle séismologique du respect d'un traité interdisant les explosions nucléaires souterraines. L'analyse d'un certain nombre de phénomènes séismiques, surtout des explosions nucléaires souterraines, s'est poursuivie, et le bulletin des phénomènes séismiques enregistrés par les installations de Yellowknife est mis à la disposition des groupes de recherches à l'étranger, dans le cadre d'études devant permettre de déceler et de localiser rapidement les secousses séismiques.

Un agent du Service continue de représenter le Canada au groupe créé par le comité du désarmement, à Genève, afin d'étudier les mesures internationales de détection et d'identification des secousses séismiques.

SERVICE DES ÉTUDES GÉOTHERMIQUES

Études géothermiques du territoire canadien

En 1978-1979, les études de l'état thermique du territoire canadien porté surtout sur les régions de la Cordillère de l'Ouest, la plate-forme de l'Ouest et la région Arctique. La recherche dans toutes ces régions fournit de précieux renseignements de base pour l'évaluation du potentiel d'énergie thermique ou pour des études des dangers reliés à la production des hydrocarbures classiques, causés par le pergélisol.

Les mesures de la production de chaleur radioactive ont été faites sur les roches plutoniennes du sud de la Colombie-Britannique, notamment dans la région de Grand Forks, afin de localiser les zones de haute température des roches et de tracer les limites de la zone d'anomalie thermique connue, au nord de la frontière internationale. Une seconde série de mesures du flux de chaleur a été exécutée dans des fjords profonds, sur la Côte Ouest, entre les 52^{ième} et 56^{ième} parallèles. Ces mesures complèteront et confirmeront les premières mesures, et étant donné qu'elles auront été faites pendant une saison différente, elles aideront à détecter toute anomalie saisonnière. Une étude des données sur les puits de pétrole et de gaz dans les provinces des Prairies a été entreprise. Bien que les données sur la températures fournies par l'industrie ne soient pas très exactes, la grande masse de renseignements disponibles permet d'identifier un large éventail de modèles thermiques. Cette étude pourrait s'étendre à la détermination des conductivités thermiques des roches sédimentaires, à l'analyse des données lithologiques et à la compilation d'une carte de flux de chaleur. Les températures éventuelle d'aquifères susceptibles de produire de la chaleur et des données de températures pour les travaux de cimentation des puits résulteront de ces études.

Les mesures de températures dans les puits du Grand Nord du Canada se sont poursuivies, portant à plus de 100 le nombre de déterminations de l'épaisseur du pergélisol et à un nombre similaire les puits dont les profils thermiques sont disponibles. Les données de profils ont servi à déceler la présence d'hydrates de gaz et à faire l'essai des scénarios de production des hydrocarbures traversant des horizons du pergélisol. Une analyse détaillée des données géothermiques a été entreprise dans la région de l'Ungava, où l'histoire climatique complexe a des répercussions profondes sur les températures souterraines. Ce genre d'analyse s'étendra plus tard à tout le Nord, pour que les scientifiques puissent mieux comprendre les phénomènes climatiques passés et produire une carte régionale des flux thermiques.

Évaluation des ressources canadiennes en énergie géothermique

Le Service des études géothermiques coordonne les travaux de recherche et de développement du gouvernement fédéral dans le domaine de l'énergie géothermique. La Direction de la physique du Globe effectue sur le terrain des observations de paramètres thermiques et la Commission géologique du Canada analyse les particularités volcaniques du terrain; les données ainsi obtenues permettent la reconnaissance et l'évaluation, par des contractuels, des ressources géothermiques.

En 1978 un programme de forage peu profond a été achevé dans le pluton de Coryell syenite au nord de Grand Forks (Colombie-Britannique). Les mesures de températures ont montré que les gradients thermiques sont anormalement élevés, et qu'il existe une possibilité d'exploiter les roches chaudes et sèches dans cette région et dans d'autres régions semblables. La production de chaleur radioactive par les carottes de forage était élevée; elle fera l'objet d'autres études, à titre de méthode pour identifier les régions susceptibles de contenir des ressources.

Au mont Meager, dans la zone volcanique de Garibaldi, deux trous ont été forés, avec la collaboration du B.C. Hydro, afin de vérifier les conditions thermiques. Un trou fut pratiqué sur le versant nord du mont, près des centres éruptifs les plus récents; l'autre, sur le versant sud, dans une région d'anomalies qui avait déjà été identifiée par des levés de résistivité électrique. Des températures dépassant 100°C ont été notées dans les deux trous, prouvant l'existence d'un réseau hydrothermique par convection. C'était la première démonstration sans équivoque d'une circulation hydrothermique active; la possibilité d'exploiter cette énergie géothermique fut grandement augmentée. Des projets de travaux plus poussés pour exploiter cette découverte ont été formalisés pendant l'hiver.

La dernière étape dans la confirmation des ressources géothermiques des formations sédimentaires les plus profondes fut le forage d'un puits sur le campus de l'Université de Regina. La profondeur totale du puits était de 2,214 m; des formations éventuellement productives ont été rencontrées à des profondeurs variant de 2,029 m à 2,209 m. Les essais ont montré une porosité et une perméabilité intéressante ainsi qu'un bon débit éventuel, on s'attend à ce que la température de l'eau soit d'environ 70°C. Le puits confirme des prédictions et indique qu'un programme démontrant la possibilité du chauffage géothermique peut être lancé. Il est proposé de faire d'autres essais et de recueillir de nouvelles données.

Recherche appliquée au pergélisol

Dans le cadre du programme de recherche et de développement énergétiques, un petit travail de recherche sur le pergélisol a été entrepris, dans le contexte de l'exploration, de la production et du transport d'hydrocarbures trouvés dans les régions pionnières. En 1978-1979, plusieurs contrats ont porté sur le phénomène du déplacement de l'eau dans les sols gelés, notamment sur la perméabilité du sol, la teneur en eau non gelée, la redistribution des isotopes et les propriétés thermiques. En outre, un lac arctique a été drainé après un levé géophysique et géologique préliminaire et l'évolution du pergélisol et des phénomènes liés à celui-ci, notamment la croissance des lentilles de glace et le soulèvement du fond du lac, dans des sédiments auparavant non gelés, font l'objet de surveillance.

Au printemps de 1978, 12 trous ont été forés hydrauliquement dans les glaces marines de la mer de Beaufort, à des profondeurs maximales de 61 m. Les trous, situés dans le Delta Front, au nord de l'île Richards, ont été munis de câbles de température. La plus grande partie du matériel rencontré

au fond le la mer était entouré de glace; les températures variaient de $-1,5^{\circ}\text{C}$ à $-1,0^{\circ}\text{C}$, soit des conditions isothermiques indicatives des conditions du vieux pergélisol dégradé.

La hausse des fonds accordés au programme R et D énergétiques en 1979-1980 permettra d'étendre un peu la recherche sur les hydrates de gaz, spécialement en ce qui a trait à leurs caractéristiques physiques et à leur détection dans le sous sol.

La création d'un groupe de travail mixte industriel-gouvernemental chargé d'étudier les problèmes de mise en valeur des hydrocarbures du Nord, à la fin de 1978, a formalisé officiellement les arrangements antérieurs: le groupe devrait permettre d'identifier les lacunes sérieuses qui restent dans la recherche sur le pergélisol.

CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DU PACIFIQUE

W.G. Milne, scientifique en chef

Son Excellence Edward Schreyer, gouverneur général du Canada, a officiellement ouvert l'Institut des Sciences Océaniques et le Centre géoscientifique du Pacifique, le 28 février 1979. La plupart des problèmes associés au fonctionnement conjoint des nouvelles installations avaient déjà été résolus. Les programmes sousmentionnés sont des éléments des programmes géophysiques nationaux et constituent souvent des études menées en commun par la Direction de la physique du Globe et la Commission géologique du Canada. L'Institut d'océanologie du ministère des Pêches et de l'Environnement est le principal organisme; il administre la bibliothèque, les ateliers, les magasins et l'ordinateur. Les navires dont on se sert pour mener les divers programmes d'E.M.R. sont également fournis par l'Institut, dans le cadre d'un programme commun. Pendant la période à l'étude, trois membres du personnel, spécialistes en séismologie, en géomagnétisme et en géodynamique, ont été mutés d'Ottawa au C.G.P.

SERVICE DE LA SÉISMOLOGIE

Surveillance des mouvements sismiques du sol

Le réseau télémétrique de l'Ouest canadien (R.T.O.C.) composé de 4 stations a fonctionné à partir du Centre géoscientifique du Pacifique (C.G.P.) sans interruption importante durant la période à l'étude. Les trois installations d'enregistrement à courte et longue période de la station sismique du C.G.P. se trouvent, avec le R.T.O.C. et d'autres installations d'enregistrement, dans une salle ouverte au public. Aussi, le programme a suscité beaucoup d'intérêt. Le réseau de base, comprenant 98 accéléromètres répartis le long de la Côte Ouest et dans le sud de la province, a fonctionné sans arrêt, l'entretien et la réparation des instruments étant exécutés par contrats. Un accéléromètre de réserve a été expédié d'urgence au sud-ouest du Yukon, après l'important tremblement de terre survenu le 28 février 1979.

Gestion des données sismologiques

L'information concernant les phases importantes et les rapports d'intensité connexes de tous les phénomènes locaux et téléseismiques sont télégraphiées à Ottawa. Les programmes de l'ordinateur de l'Institut déterminent maintenant d'une manière régulière les épacentres des tremblements de terre régionaux. Les données provenant du fichier sur bandes des

tremblements de terre canadiens ont été fournis, selon une formule de recouvrement de fonds, à d'autres groupes de recherche ou à des sociétés oeuvrant dans le domaine de la conception d'ouvrages capables de résister au tremblements de terre.

Etudes sismologiques de la dynamique de la Terre

Les résidents de l'île de Vancouver sont secoués par plusieurs tremblements de terre chaque année, quelques-uns ayant un épicentre au Canada, mais d'autres, comme celui du 31 décembre, ayant un épicentre dans la baie Puget (É.-U.). Pendant la période à l'étude, quelques tremblements de terre d'échelle modéré ont été ressentis au Canada: le 14 mai 1978, près de Valemount (magnitude (m) de 4,7); le 2 juin 1978, près de la péninsule Brooks, île Vancouver (m = 5,7); le 11 juillet 1978, à l'ouest des îles Reine-Charlotte (m = 5,1); le 25 juillet 1978, encore de la péninsule Brooks, île Vancouver (m = 5,6); et le 19 août 1978, à l'ouest de Victoria (m = 3,5). Des études d'intensité ont été faites dans les régions épacentrales de ces tremblements de terre et bien qu'aucun dommage sérieux n'ait été signalé, il semble que l'événement de la péninsule Brooks aient causé quelques dégâts près de Port Alice. Les tremblements de terre de la péninsule Brooks ont été accompagnés d'une série de tremblements secondaires, dont quelques-uns ont été étudiés sur le terrain.

Les renseignements concernant les risques sismiques pour des endroits ou des ouvrages précis dans la région, selon le Code national du bâtiment, ont été fournis aux ingénieurs. Dans le cadre d'un programme continu, on a entrepris une étude des régions de tremblements de terre le long de la côte.

Études sismologiques de la structure terrestre

Les données obtenues pendant le programme en mer, en 1977, ont été analysées à l'Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat de la D.P.G. Les profils sismiques des régions du bassin Winona et le triple point sont en voie d'élaboration, on les compare également aux séismogrammes synthétiques des modèles représentant la croûte terrestre. La structure profonde de la croûte et du manteau supérieur de l'est de l'Amérique du Nord a été étudiée pendant la période, en comparant les séismogrammes réels aux séismogrammes théoriques calculés à partir de modèles réalistes de la terre.

SERVICE DES ÉTUDES GÉOTHERMIQUES

Détermination du régime géothermique

Au printemps, les scientifiques d'Ottawa et du C.G.P. se sont réunis pour mesurer le flux thermique et prendre des échantillons des sédiments de fond dans les fjords le long de la côte de la Colombie-Britannique. Les mesures du flux thermique faisaient partie d'une étude régionale plus élaborée sur la distribution du flux thermique à travers la zone côtière. À l'été, des mesures ont été prises dans le bassin Winona et à l'automne, une autre courte croisière fut entreprise jusqu'à Pitt Lake, à l'est de Vancouver, où d'autres données géothermiques furent recueillies. La cueillette des données géothermiques au cours des dernières années a confirmé l'existence de cellules hydrothermiques par convection dont les dimensions horizontales varient d'un kilomètre à des dizaines de kilomètres. L'effet de ces cellules vient s'ajouter à celui du flux thermique régional déterminé par les dorsales s'étendant au large des côtes et à la subduction du plateau océanique sous l'île de Vancouver. L'effet des cellules rendent le régime géothermique moins régulier que ce qui avait été supposé.

SERVICE DU GÉOMAGNÉTISME

Observatoires magnétiques

Pendant la période à l'étude, l'observatoire magnétique de Victoria a poursuivi ses travaux à l'observatoire fédéral d'astrophysique, utilisant le Réseau d'observatoires magnétiques automatiques (AMOS) comme premier enregistreur et un ensemble photographique de longue durée comme soutien. Un autre système d'enregistrement installé au C.G.P. permet le fournir des données aux entrepreneurs qui ont besoin d'une évaluation immédiate du niveau d'activité géomagnétique. Le public peut visiter ce système.

Gestion du fichier central des données géomagnétiques

Les corrections aux courbes de référence faites pour l'observatoire magnétique de Victoria sont dérivées des mesures absolues, et les valeurs numériques d'une minute ont été traitées afin de les transmettre avec les magnétogrammes microfilmés, tous les mois aux centres mondiaux des données. Les indices de l'activité magnétique ont été déterminés et envoyés aux organismes internationaux deux fois par mois.

Études géomagnétiques de la structure terrestre

Les magnétomètres placés sur le fond marin ont enregistré des variations magnétiques dans les trois composantes pendant une période de dix jours dans la région de la dorsale de Juan de Fuca. Les expériences indiquent que la couche de haute conductivité électrique associée à cette dorsale active n'est pas étroite mais se présente sous forme d'une large bande dont le centre se situe au sommet de la dorsale.

Les données venant des magnétomètres du fond marin et des stations d'enregistrement sur terre ont été utilisées dans l'évaluation des techniques pour corriger les levés marins d'intensité totale pour les variations dépendant du facteur temporel. En examinant les différences observées aux intersections des courbes de levés dont les localisations sont connues précisément grâce au Loran-C, on a conclu qu'une station de base d'enregistrement à une certaine distance à l'intérieur du pays fournit de meilleures corrections statistiques que celle située sur la côte et plus près du lieu du levé. Les corrections les plus exactes ont été dérivées en réunissant les variations de l'élément vertical enregistrées par les magnétomètres au fond de l'océan avec celles des éléments horizontaux provenant des stations terrestres quelque peu éloignées de la côte.

SERVICES DE LA GRAVITÉ

Cartographie de la gravité

Pendant la période à l'étude, la navire PARIZEAU de l'I.S.O. a servi à mener un levé multiparamètres d'une durée de huit semaines, à l'ouest des îles Reine Charlotte et à l'entrée Dixon au nord. Les données recueillies pendant la croisière comprenaient des données de bathymétrie, de géomagnétisme et de gravité ainsi que quelques profils sismiques de lignes de levés distantes de 5 à 7 km. Ces données sont présentement à l'étude; elles indiquent que la faille Reine-Charlotte de transformation qui peut être atteinte à l'extrémité est de ces lignes est un élément important possédant au moins deux rift valleys.

Études gravimétriques de la structure de la Terre

La gravité et la structure de la marge des plaques Juan de Fuca et Explorer ont été analysées en fonction de la convergence oblique de ces

plaques avec l'Amérique du Nord. Les profils de gravité de l'île de Vancouver montre qu'il y a une subduction lente et active de la plaque Juan de Fuca, bien qu'à cet endroit il n'y ait aucune sismicité connue associée au glissement d'une plaque sous l'autre. Plus au nord, un ensemble complexe de plaquettes a été découvert et les mouvements de celles-ci ont été analysés afin de fournir une certaine compréhension des zones de sources sismiques dans la région.

SERVICE DE LA GÉODYNAMIQUE

Dynamique de la Terre

Les levés semestriels d'un réseau de gravité précis dans l'île de Vancouver se sont poursuivis en 1978-1979, grâce à un contrat passé avec le secteur privé. Les conséquences tectoniques de certaines tendances importantes dans les données du réseau ne sont pas encore comprises. Un contrat passé avec les scientifiques de L'U.C.-B. a fourni des données montrant que dans la région du grand tremblement de terre en 1946, il y a eu un mouvement latéral vers la droite, sur une distance d'un mètre, probablement accompagné d'un mouvement vertical.

DIVISION DU GÉOMAGNETISME

P.H. Serson, Directeur

La Division du géomagnétisme est chargée de fournir des données récentes sur le champ magnétique de la Terre, aux usagers oeuvrant dans de nombreux domaines, incluant la navigation, les télécommunications et l'exploration géophysique. Le Service de géomagnétisme répond à plus de 2,000 demandes de renseignements par année concernant les valeurs de la déclinaison magnétique et de la déviation séculaire de la Terre, qui servent pour les cartes et les manuels publiés par d'autres organismes fédéraux, provinciaux et internationaux. Le service publie tous les 5 ans des cartes magnétiques révisées du Canada et des régions océaniques adjacentes. Il fournit en outre des données sous formes analogique et numérique, sur la variation quotidienne du champ magnétique et sur les orages magnétiques; il émet aussi des prévisions régulières pour l'activité magnétique, communiquées par la poste, par téléphone ou par télex.

Le Service de géomagnétisme maintient à jour le fichier central des données nécessaires pour assumer ses diverses fonctions, en réalisant des études systématiques au sol et dans les airs et en exploitant le réseau d'observatoires magnétiques canadiens. Ce réseau comprend 11 observatoires fixes qui enregistrent en permanence l'intensité et la direction du champ magnétique variable.

Le programme de recherches de la Division comprend le paléomagnétisme, l'interprétation des anomalies aéromagnétiques, l'induction électromagnétique dans la Terre, et les études sur les variations et les pulsations temporelles du géomagnétisme. Le Canada est particulièrement bien situé pour ces aspects de la recherche en géomagnétisme. Sa masse continentale renferme le pôle magnétique nord et est coupée par la zone aurorale. Il constitue la seule masse territoriale importante au monde dans laquelle il est possible d'étudier les perturbations magnétiques et les phénomènes connexes de la haute atmosphère, des régions polaires aux latitudes sub-aurorales. Dans les îles de l'Arctique et dans la Cordillère, on trouve de grandes anomalies dans l'induction électromagnétique qui indiquent des zones de grande conductivité

dans la croûte ou dans le manteau supérieur. Les antécédents géologiques canadiens, qui s'étendent de l'Archéen jusqu'à l'époque actuelle, permettent d'étudier le paléomagnétisme et l'évolution continentale depuis plus de 2,000 millions d'années.

Les autres recherches de la Division comprennent l'emploi de méthodes magnétiques et magnétotelluriques pour étudier et localiser les ressources géothermiques de l'Ouest canadien. Leur utilité, pour la prédiction des tremblements de terre, est actuellement évaluée dans une région à grande activité sismique de la côte nord du Saint-Laurent.

SERVICE DE GÉOMAGNÉTISME

Observatoires magnétiques

Onze observatoires magnétiques étaient en service toute l'année à Mould Bay, Resolute Bay, Cambridge Bay et Baker Lake, dans l'Arctique, à Yellowknife, Churchill et Poste de la Baleine, dans la zone aurorale, et à Victoria, Meanook, Ottawa et Saint-Jean (T.-N.) dans le sud du Canada. Des enregistrements permanents des variations du champ magnétique, avec contrôle partiel des niveaux absolus, ont été effectués aux stations de mesure des variations à Whiteshell (Manitoba), et à Alert, dans l'île Ellesmere.

A toutes les stations mentionnées ci-devant, sauf Mould Bay et Alert, un réseau d'observatoires magnétiques automatiques (AMOS), mis au point par le Service de géomagnétisme, enregistre les composantes nord, est et verticales descendantes du champ magnétique; de plus, il enregistre également sur ruban magnétique, l'intensité totale sous forme numériques, une fois par minute. Les rubans sont envoyés à Ottawa, à la fin du mois, pour être traités par l'ordinateur. On effectue quotidiennement par téléphone, à partir d'Ottawa, des vérifications du fonctionnement des installations AMOS.

Le prototype du nouveau réseau d'observatoires magnétiques automatiques (AMOS Mk III) a été construit et mis à l'essai dans un laboratoire d'Ottawa. Il est commandé par un micro-ordinateur; en plus des fonctions exécutées par le premier AMOS, il exécute divers essais des données enregistrées et il garde en mémoire les messages diagnostiques, les valeurs moyennes et leurs intervalles horaires et une quantité limitée de données par minute, jusqu'à l'interrogation du centre de commande par téléphone.

Un contrat fut accordé à l'EDA Instrument Inc., dans le cadre d'un programme financier du gouvernement (COPI), afin de mettre au point une version de production de AMOS Mk III pour le marché international. Le contrat, qui se termine à la fin de 1979, comporte la préparation de routines diagnostiques pour l'entretien de l'instrument ainsi que des programmes logiciels et matériels complets.

Étude magnétosphérique internationale (E.M.I.)

Dans le cadre de l'étude magnétosphérique internationale (E.M.I.), le Service de géomagnétisme continue d'exploiter 9 stations temporaires d'observation des variations magnétiques. Ces stations, avec quelques observatoires magnétiques permanents, complètent un réseau en forme de croix situé dans la zone aurorale, le point d'intersection se trouvant à Churchill (Manitoba). Les stations situées sur une ligne nord-sud sont: Whiteshell, Island Lake, Gillam, Back, Fort Churchill, Eskimo Point, Rankin Inlet, Pelly Bay, Resolute et Alert. Les stations le long d'une ligne est-ouest sont: Poste-de-la-Baleine, Fort Severn, Gillam et Thompson. Toutes les stations enregistrent les trois composantes du champ magnétique sous forme numérique sur le ruban magnétique, et la plupart d'entre elles possèdent également des

enregistreurs analogiques. Six de ces stations sont munies d'un système téléométrique, fourni par des organismes américains, qui transmet les données magnétiques à Boulder (Colorado) via les satellites météorologiques géostationnaires.

Levés magnétiques

Dans le cadre d'un projet permanent d'étude de la variation séculaire, 18 stations magnétiques répétitrices dans les Territoires du Nord-Ouest ont été exploitées par contrat durant les mois d'avril, de mai et de juin. À l'automne, 4 stations supplémentaires ont été exploitées en Colombie-Britannique. Chaque station a fait fonctionner un magnétomètre enregistreur de données numériques pendant une période minimale de 30 heures tandis que les mesures absolues de la déclinaison, de l'inclinaison et de l'intensité totale ont été effectuées afin de fournir un contrôle absolu des enregistrements.

Un magnétomètre à précession protonique a été installé sur le CCGS NARWHAL pour la dernière étape d'une étude pluridisciplinaire dans la baie d'Hudson d'une durée de quatre ans. On a obtenu environ 20,000 km de profils d'intensité totale avec le détecteur placé à 110 m derrière le navire. Puisque la zone aurorale croise la région des levés, les champs de perturbations présentent d'importants problèmes dans la réduction des données. Une technique de correction a été mise au point et appliquée aux données des trois premières années du programme de levés de la baie d'Hudson.

Gestion du fichier central des données géomagnétiques

Données des observatoires

Des copies sur microfilm des magnétogrammes provenant des 11 observatoires magnétiques ainsi que des observatoires d'Alert et de Whiteshell ont été envoyées tous les mois au Centre mondial des données de Boulder (Colorado); les copies sont ensuite envoyées à tous les autres centres mondiaux des données. La compilation finale des rubans numériques de 1977 provenant de toutes les stations AMOS et les premiers rubans de 1978 provenant de la plupart de stations ont été envoyés au Centre mondial "A" des données ainsi qu'aux sociétés d'exploration géophysique qui en ont fait la demande. Le rapport annuel sur les observatoires magnétiques de 1976 a été envoyé pour publication.

Données de l'E.M.I.

Les bandes renfermant les valeurs d'une minute publiées provenant des stations de variation du réseau Churchill, de septembre-octobre 1976 (lorsque les enregistreurs numériques ont été installés) jusqu'au milieu de l'année 1978, ont été déposés au Centre mondial "A" des données. On donne présentement priorité au traitement des données provenant des stations Fort Severn, Thompson et Mould Bay qui ne sont pas munies de matériel satellite de télémetrie.

Prévisions de l'activité géomagnétique

En tant que service offert à l'industrie d'exploration géophysique, aux sociétés exploitant des centrales électriques et des pipelines, l'observatoire magnétique d'Ottawa a continué de communiquer deux genres de prévisions du niveau de l'activité géomagnétique: une prévision de 27 jours publiée toutes les 3 semaines et diffusée par courrier à une liste de plus de 100 clients, et une prévision de 72 heures rédigée deux fois par semaine et disponible par

téléphone. Pendant la saison de levés de 1978, on a essayé un système de distribution des prévisions de trois jours par télex; il ne fut pas de très grande utilité puisque les groupes sur le terrain ont rarement accès au télex. Ce système sera remplacé, en 1979, par un service de messages téléphoniques automatiques qui fonctionnera 24 heures par jour.

Cartes magnétiques

Les récentes mesures des variations séculaires montrent que dans la plus grande partie du Canada, la magnitude de la variation annuelle de la déclinaison a au moins doublé depuis 1970. Près d'Edmonton, par exemple, la variation annuelle a augmenté de 3 minutes vers l'ouest en 1970 à 13 minutes vers l'ouest en 1978. Bien que la composante horizontale continue d'augmenter dans la plupart des régions du pays, avec un maximum de 70 à 75 nT par année dans le sud-ouest, l'augmentation semble ralentir en Alberta et en Colombie-Britannique. L'importante diminution de la composante verticale et de l'intensité totale, notée dans le rapport de 1977, gagne rapidement le nord. La diminution à Ottawa excède maintenant 100 nT par année, et Fort Churchill signale une diminution de 30 nT par année. Les mesures effectuées en 1978 dans les îles de l'Arctique de l'Ouest indiquent que le centre de la réduction a atteint cette région.

Données paléomagnétiques

Une grande partie des efforts est consacrée à établir des courbes de dérive apparente des pôles (D.A.P.) et des problèmes connexes. Des mémoires ont été publiés au sujet de la méthodologie pour reconstituer la D.A.P. du Précambrien, une nouvelle courbe D.A.P. pour le Gondwana et la carence de données statistiques concernant la nombre de pôles du Précambrien de haute altitude observés. De nombreux paléopôles de la Cordillère de l'Ouest montrent que certains terrains, maintenant encastrés dans la Cordillère, furent déplacés par des milliers de kilomètres par rapport à l'Amérique du Nord, dites "stable", pendant le Mésozoïque et le Tertiaire. De récentes études des roches du Siluro-dévonien des Appalaches ont placé des paléopôles jusqu'à 60° des pôles d'une ère comparable de l'Amérique du Nord "stable", et on se demande si ces pôles représentent des terres déplacées comme elles trouvées dans la Cordillère.

Des mémoires décrivant une séquence de cartes paléocontinentales du Phanérozoïque ont été publiées ou sont en impression. Une analyse des études du paléopôle en Amérique du Nord a été terminée, elle figurera dans le rapport final du comité canadien de la géodynamique.

Études géomagnétiques de la structure terrestre

Paléomagnétisme

Les récentes études du Précambrien du géosynclinal Coronation ont été publiées, ou sont sous presse. Pour ce qui est de la province de Grenville ou des régions voisines, des mémoires sur l'anorthosite de Charlevoix et le groupe de Seal ont été présentés à la publication, et le travail expérimental sur les diorites de Larrimac et de Bryson se poursuit. Un mémoire sur la formation Jacobsville a été publié. Le travail se poursuit dans le cadre d'un contrat sur l'irruptive de Sudbury. En ce qui a trait aux Appalaches, des mémoires sur les intrusives du Mount Peyton et la formation Botwood à Terre-Neuve et sur les intrusions de St-George et de St-Stephen et de la formation Mascarene, au Nouveau-Brunswick sont en impression.

De nouvelles méthodes d'inscription et de représentation graphique des données conçues pour automatiser l'étude de l'aimantation de plusieurs

composantes sont maintenant en vigueur. Un mémoire sur l'effet que de telles études ont sur l'interprétation paléomagnétique a été publié.

Induction électromagnétique dans la Terre

Les données provenant des magnétomètres à trois composantes situés à six endroits dans l'Arctique central indiquent l'existence de deux régimes très différents de la croûte terrestre dans les îles Reine-Elisabeth. Il y a une couche de haute conductivité électrique à environ 10 km sous les îles Ellef Ringnes, Melville et Banks et allant vers l'ouest tandis qu'une telle couche n'existe pas à l'est de ces îles.

L'enregistrement des champs magnétotelluriques s'est poursuivi à quatre endroits dans le comté de Charlevoix, près de la Malbaie, dans le cadre du programme de la D.P.G. pour étudier les signes avant-coureurs des tremblements de terre. Un mémoire concernant ce travail a été publié et un dossier public au sujet de la zone locale de conductivité électrique très élevée découverte près du village de Sainte-Mathilde a été rédigé.

Les données d'observatoires concernant cinq jours sans perturbation magnétique provenant de Saint-Jean (T.-N.), Ottawa, Agincourt, Newport et Victoria ont été étudiées. Les composantes verticales à Saint-Jean et à Victoria indiquent une répercussion sur la côte de longue durée semblable à celle observée en Australie et en Californie. La variation quotidienne de la composante verticale a également une plus petite amplitude à Ottawa et à Agincourt qu'à Newport, ce qui laisse supposer que la conductivité électrique interne est plus élevée vers l'est et plus basse vers l'ouest, soit l'inverse de ce que présument plusieurs modèles couramment acceptés.

On a publié une étude sur l'utilité du sondage de la résistivité électrique pour détecter la dilatation de la croûte avant le déclenchement d'un tremblement de terre.

Les données provenant d'une station de variation du champ magnétique et magnétotellurique sur la mer de glace du détroit du Vicomte-Melville dans l'Arctique canadien de l'Ouest, obtenues en avril 1978, ont été analysées avec des données de variation magnétique de la même époque, à Resolute, à 300 km à l'est. La modélisation en une dimension du géomagnétisme indique qu'un conducteur du manteau supérieur (conductivité spécifique de l'ordre de 10^5 S) se situe sous les deux endroits, la surface supérieure se trouvant à une profondeur de 70 à 100 km.

Anomalies magnétiques

Une étude a été faite sur les anomalies magnétiques de très grande longueur d'onde de la lithosphère au-dessus du Canada, utilisant des techniques de prolongement vers le haut et des techniques polynomiales mises au point à cette fin. Il existe des corrélations entre les anomalies magnétiques régionales dans la bande d'ondes 300-3000 km et les traces d'anomalies des longueurs d'ondes plus petites. Cependant, au moins une large anomalie semble être causée par une grande source très aimantée. Un prolongement vers le haut à 300 km d'altitude au-dessus de l'Ouest du Canada donne une estimation du champ d'anomalie auquel il faut s'attendre aux altitudes d'orbite de MAGSAT.

Les données d'anomalies magnétiques de la lithosphère provenant des satellites Ogo 2, 4 et 6 (Pogo) ont été comparées aux données prolongées vers le haut provenant du magnétomètre aéroporté comprises entre la latitude 50° et 85° N et la longitude 100° et 140° O, à une altitude moyenne d'environ 500 km, dans le cadre d'un programme mené avec la NASA. La localisation de l'anomalie et l'amplitude de celle-ci correspondent assez bien, prouvant ainsi la

validité des données du satellite. Les principales différences dans les aimantations régionales des diverses parties du socle de l'Ouest de l'Amérique du Nord sont apparentes. Le champ magnétique élevé au-dessus de la dorsale Alpha dans l'océan Arctique est un élément particulier, il indique que la dorsale est de composition continentale.

Perturbations géomagnétiques

Analyses des tempêtes magnétiques

Une analyse statistique des sous-tempêtes magnétiques se produisant dans la région crevassée au nord de Cambridge Bay a montré notamment que les observatoires à haute altitude devraient faire partie de la détermination de l'indice E.A. (électrojet auroral). La présence simultanée d'électrojets auroraux à l'est et à l'ouest durant les heures de clarté a bien été démontrée par une étude des sous-tempêtes suivant les perturbations solaires des 16 au 19 septembre 1977.

Les courants électriques Pederson et Hall dans l'ionosphère ont été déterminés à partir des observations du plasma et du champ électrique faites par fusée au-dessus du Groenland, et ont été comparées aux courants électriques calculés à partir des mesures du champ magnétique total prises par la même fusée. Une méthode semblable a été utilisée pour étudier les courants passant dans la discontinuité Harang au-dessus de la Suède du Nord.

Pulsations magnétiques

Une étude des pulsations ayant une période de 150 à 600 secondes enregistrées le long du 67^{ième} parallèle Nord indique que la source de l'activité matinale est située au méridien de l'aube, tandis que la variation longitudinale de la phase indique une propagation des signaux éloignés du méridien du midi vers le méridien aube-crêpuscule. Le sens de la polarisation dans le plan horizontal s'inverse quand la station croise le méridien central; la polarisation du plan vertical semble être contrôlée par une induction interne, du moins dans l'Est du Canada.

Variations solaires et lunaires

Les valeurs horaires moyennes des éléments magnétiques ont été analysées par la méthode Chapman-Miller afin d'obtenir les coefficients harmoniques solaires et lunaires pour Meanook (1932-1976), pour Agincourt (1932-1966) et pour Nurmijarvi (1952-1973).

DIVISION DE LA GRAVITÉ ET DE LA GÉODYNAMIQUE

J.G. Tanner, Directeur

La Division de la gravité et de la géodynamique est chargée du Service de la gravité et du Service de la géodynamique au Canada. Le Service de la gravité tient à jour et accroît annuellement le fichier central national des données sur la gravité, maintient des normes nationales sur la gravité, publie des cartes et des rapports relatifs à la gravité, et fournit des renseignements dans ce domaine et sur les sujets connexes aux intéressés des secteurs publics et privés, à l'échelle nationale et internationale. Le fichier central des données sert également aux études géodésiques internes et à celles qui contribuent à une meilleure compréhension des particularités géologiques locales et des structures géologiques régionales du Canada. Le

Service de la Géodynamique est chargé d'étudier la rotation terrestre, le mouvement des pôles, et les marées terrestres, de même que d'enquêter sur la contrainte et l'inclinaison de la croûte associées aux mouvements tectoniques, aux niveaux hydrostatiques et aux prédictions des tremblements de terre.

SERVICE DE LA GRAVITÉ

Cartographie gravimétrique

En 1978-1979, des levés effectués à bord de navires ont permis de recueillir des données gravimétriques pour 36,000 kilomètres de lignes; plus de 5,800 stations gravimétriques statiques ont été installées sur terre et au large des côtes canadiennes. Des levés à bord de navires ont été effectués en collaboration avec le Service hydrographique du Canada, ministère des Pêches et de l'Environnement; ils ont été enrichis par des levés à l'ouest des îles Reine-Charlotte, où l'interval de la course variait de 6 à 10 km, et dans la baie d'Hudson où s'est terminé un programme de mesures gravimétriques dynamiques d'une durée de quatre ans. En général, l'interval de la course de cette région est de moins de 10 km. En février et mars 1978, un autre levé, effectué en collaboration avec le même organisme, a permis de recueillir des données provenant de 1,200 stations gravimétriques à des intervalles de 6 km sur les surfaces recouvertes de glace de la baie d'Hudson, au nord et à l'est des îles Belcher. Dans les Territoires du Nord-Ouest, un groupe possédant des hélicoptères a observé environ 1,200 stations dans la moitié est du détroit du Viscount-Melville; ce programme sous l'égide de l'Étude du plateau continental polaire, a été également fait en collaboration avec le S.H.C.

En Colombie-Britannique, environ 300 nouvelles stations gravimétriques ont été observées dans les montagnes Rocheuses pendant la première année d'un contrat de trois ans; pour la première fois à cet endroit, un système de levés inertiels installé dans un hélicoptère a été utilisé pour déterminer la latitude, la longitude et l'élévation des points d'observation gravimétriques.

A la demande du Service géodésique du Canada, de la Direction des levés et de la cartographie, plus de 1,400 observations gravimétriques, dont l'interval variait de 1 à 3 km, ont été exécutées par contrat à l'industrie, à des repères de nivellement de premier ordre et à des points d'élévation de haute précision connexes, le long de l'autoroute de l'Alaska entre Fort-Nelson (C.-B.) et la frontière entre l'Alaska et le Yukon. En février et mars 1978, des levés du lac Winnipeg ont été effectués sous contrat à l'aide d'hélicoptères et ont complété près de 700 observations gravimétriques à des intervalles de 6 km sur toute la longueur du lac. En août, la couverture gravimétrique régionale de 6 km au sud-ouest de la Nouvelle-Écosse s'est terminée par un levé en automobile.

La recherche en gravimétrie dynamique s'est concentrée sur l'évaluation du gravimètre air-mer LaCoste et Romberg comme système de levés inertiels (S.L.I.) afin de fournir des observations simultanées de la position planimétrique, de l'altitude et de la gravité.

Deux séries d'essais ont été effectuées l'année dernière et les derniers résultats indiquent qu'il est possible d'obtenir une erreur maximale de 20 m dans la position horizontale, de 1,3 m en altitude et de 0,2 mgal ($1 \text{ mgal} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$) dans la gravité lorsque le gravimètre fonctionne dans le mode S.L.I.

Six nouveaux dossiers publics et une nouvelle carte dans la série de cartes gravimétriques ont été publiés pendant l'année.

Normes gravimétriques et bases de données gravimétriques

L'inspection systématique des stations de contrôle du Réseau gravimétrique national s'est poursuivi, à contrat, dans le nord de l'Alberta, en Colombie-Britannique et au Yukon. Quarante-sept anciennes stations ont été remises en service et 95 nouvelles stations ont été créées. On peut maintenant se procurer, sur demande, les valeurs gravimétriques et les descriptions de ces stations.

Le dossier des anomalies gravimétriques a été mis en service sous le système 2,000 (S2K), et il en est résulté des améliorations importantes concernant la vitesse et la facilité de retrait. Un nouvel appareil de restitution (Calcomp 90) a été obtenu; à cause de la capacité en connexion de la machine, la production du traceur s'est accrue d'une manière remarquable.

Le fichier central national des données gravimétriques comprend les données gravimétriques et les données connexes obtenues par des levés, effectués par divers ministères ou par des organismes extérieurs. En réponse à 92 demandes de renseignements reçues au cours de l'année, provenant des organismes gouvernementaux, des sociétés d'exploration et des universités, le Centre des données gravimétriques a extrait et communiqué 50 millions de caractères d'information surtout sous forme de bandes magnétiques. Environ 20% des demandes supposaient l'établissement de cartes numériques d'anomalies. De plus, on a sollicité 440 descriptions de stations de référence. Pour les programmes internes de travaux sur le terrain et de recherches, 139 autres demandes de renseignements ont été traitées, exigeant l'extraction de quelque 2 millions de caractères d'information, la plupart d'entre eux présentés sous forme graphique.

Études gravimétriques de la structure de la Terre

Les études des anomalies gravimétriques associées à d'autres données géophysiques fournissent des renseignements au sujet de la structure du fond de la lithosphère et de l'asthénosphère. L'information ajoute une dimension nouvelle à l'étayage géologique des ressources en plus d'améliorer notre connaissance des processus géologiques et de la structure terrestre.

Une étude des données géophysiques de l'Arctique a été publiée. Ce nouveau volume fait d'abord l'historique des mesures géophysiques dans l'Arctique, puis retrace l'évolution du bassin Arctique en utilisant ces mesures et les principales relations tectoniques comme contraintes. La Division a contribué aux chapitres portant sur la bathymétrie, la gravité et l'évolution du bassin Arctique. Le volume comprend également des cartes bathymétriques, gravimétriques à l'air libre observées et prévues et des cartes gravimétriques à l'air libre résiduelles au nord du 60° N, toutes à l'échelle de 1:7,500,000.

Deux profils gravimétriques ont également été analysés, pour l'Arctique, le long de l'axe et en travers de la marge nord-ouest du bassin Sverdrup, en fonction des données de réfraction sismique profonde et étroite obtenues par le Ministère en 1972, 1973 et 1974. Les premiers résultats indiquent que les anomalies de grande longueur d'ondes correspondent très bien aux variations lithologiques, à celles de l'épaisseur des sédiments du bassin et à celles de l'épaisseur de la croûte terrestre.

Les modèles structuraux du bassin houiller Bonnet Plume au Yukon ont été déterminés, le long du profil coupant le bassin transversalement. Les relations existant entre la gravité et la densité indiquent la présence d'un bassin légèrement surbaissé vers l'est contenant des sédiments clastiques du Tertiaire et du Crétacé qui atteignent une épaisseur maximale variant de 0,8 à 4,7 km. Il est impossible d'obtenir des estimations plus exactes de

l'épaisseur, étant donné le manque de connaissances sur la distribution souterraine des parties supérieure (faible densité) et inférieure (forte densité) de la succession. L'application d'un modèle en deux couches à la formation Bonnet Plume indique que la partie lignitifère supérieure présenterait plus rarement que ce que l'on croyait et que la plus grande partie du bassin au sud du profil repose sur la partie inférieure, contenant du charbon subbitumineux. Une étude théorique de la formation du bassin sédimentaire faite conjointement avec l'université Dalhousie a démontré que la compensation isostatique régionale (flexure élastique et visco-élastique de la lithosphère) pour la charge qui remplit l'auge d'un large graben, dont la largeur varie de 50 à 100 km, produira une dépression de surface qui s'étendra très loin derrière les limites de la charge. L'étude a également montré que le remplissage de sédiments de cette dépression indépendamment du taux de chargement de la dépression du graben, peut mener à la mise en place d'un bassin sédimentaire important, quand le mécanisme d'ajustement régional approche du point d'équilibre isotactique.

La partie est du massif anorthosite Lac Fournier, situé à environ 200 km au nord-ouest de Sept-Iles, dans la province géologique de Grenville (Québec) correspond à une large anomalie gravimétrique positive dont l'amplitude est supérieure à 60 mgal. L'anomalie contient plus d'anorthosite d'une phase riche en minéraux mafiques que partout ailleurs dans l'ensemble; grâce aux données gravimétriques, on peut dire que la phase représente les niveaux supérieurs provenant d'un magma différent. Un modèle tridimensionnel de l'intrusion, de composition gabbroïque a été produite.

L'interprétation du champ de gravité de la dépression circulaire du lac Skeleton (Ontario) est terminée. L'anomalie, étudiée conjointement avec les données aéromagnétiques et géologiques, a été expliquée comme un cratère partiellement érodé de l'ère Paléozoïque; le diamètre d'origine était de 3,6 km. Un levé gravimétrique a été exécuté à la structure triassique Lake St. Martin près de Gypsumville (Manitoba). Les premières analyses des données indiquent une anomalie négative distincte au-dessus de la structure circulaire d'un diamètre de 24 km qui, d'après d'autres études du métamorphisme d'impact, a été attribuée à la très grande vitesse d'impact.

La méthode des moindres carrés a servi à dériver une relation de fréquence permettant de déterminer les coefficients de l'approximation polynomiale afin de calculer la gravité théorique pour le système géodésique de référence 1967. Les résultats utilisant cette estimation plus générale ont ensuite été comparés, avec succès, avec ceux obtenus auparavant en condensant l'expansion de la série de la formule de gravité théorique de Taylor.

Les méthodes d'optimisation nonlinéaires et les méthodes itératives utilisant les techniques d'inversion de la matrice peuvent être utilisées pour déterminer la valeur de contraste de la densité minimale pour laquelle le corps homogène reproduira exactement l'anomalie gravimétrique observée. Dans le cas d'anomalies négatives, le résultat peut souvent être utilisé pour déterminer si la cause est un bassin sédimentaire ou un batholite granitique de faible densité. Si la valeur de contraste de la densité minimale est élevée, la source d'anomalie est probablement un bassin sédimentaire; si elle est faible, la source peut être soit un bassin sédimentaire, soit un batholite granitique. La méthode de contraste de la densité minimale a été essayée avec succès pour le bassin Cheshire et pour le granite de Weardale, en Angleterre.

Des études sur le terrain, pour compléter celles de la Direction sur la fusion de la croûte et l'aimantation des roches due à d'intenses pressions d'impact ont été exécutées à la structure Lake St. Martin (Manitoba) et lors d'une expédition australo-canada-étatsunienne, au cratère Strangways, Northern

Territory, Australie. Les études avec l'Institut Max-Planck (Mayence), concernant la composition des corps qui formaient les larges cratères et avec l'Université de Toronto, concernant la datation des phénomènes d'impact, se sont poursuivies. Une nouvelle analyse des taux d'impact au cours d'une période de temps géologique déterminée a été complétée et a été produite pour comparer de plus près le taux des cratères lunaires et le flux quotidien actuel d'astéroïdes croisant la terre.

Programme de stockage des déchets radioactifs

Des levés géophysiques et des mesures en laboratoires plus nombreux, dont plusieurs ont été exécutés sous contrat, ont été faits en collaboration avec d'autres directions, dans le cadre de la contribution du Ministère au programme de stockage des déchets radioactifs. Les levés sismiques, gravimétriques et magnétotelluriques ont été exécutés sur des profils choisis dans les régions d'essais de la propriété de l'E.A.C.L. de Chalk River (Ontario) et de Pinawa (Manitoba). Aux deux endroits, une analyse géophysique des trous de sonde a été effectuée et utilisée pour étudier les caractéristiques des aquifères régionaux en surveillant la réaction des niveaux d'eau aux marées terrestres et aux autres tensions. Des études en laboratoires des propriétés magnétiques, élastiques, thermiques et pétrologiques de la roche ont été effectuées; elles permettent de déterminer les caractéristiques des minéraux et de la fissure rocheuse dans la phase du concept d'évaluation du programme. La Division continue à coordonner tous les travaux géophysiques menés par l'E.M.R. dans le cadre de ce programme.

SERVICE DE LA GÉODYNAMIQUE

Production et gestion des données géodynamiques

Les deux laboratoires de mouvement polaire situés près d'Ottawa (Ontario) et de Calgary (Alberta) ont continué de surveiller, au moyen de techniques astronomiques et optiques (PTZ) et d'observations provenant du satellite Doppler, la rotation terrestre, le mouvement polaire et la dynamique des plaques terrestres.

Les observations provenant du satellite Doppler d'aide à la navigation et celles provenant des satellites géophysiques sont recueillies de deux stations de TRANET commandées par ordinateur. Le fonctionnement de ces stations est complètement automatisé au moyen d'un réseau de distribution par mini-ordinateur qui facilite l'acquisition, le traitement et la communication, à l'heure internationale, des données automatiques au Service de surveillance du mouvement polaire par satellite du D.M.A.H.T.C. à Washington, D.C. (États-Unis).

Le fonctionnement nocturne des instruments du P.T.Z. est également automatisé; les plaques photographiques sont évaluées tous les jours et les résultats sont transmis toutes les semaines au Bureau International de l'Heure (B.I.H.) à Paris et tous les mois au Service International du Mouvement Polaire (S.I.M.P.) à Mizusawa (Japon). Le rapport annuel sur les observations du temps et de la latitude P.T.Z. de 1977 a été publié.

Un système d'interférométrie à longue base (I.L.B.) a été mis au point en collaboration avec l'Université York pour essayer un nouvel instrument plus précis et plus adaptable pour les études en géodynamique globale. La technique radio utilisant des sources extra-spatiales est possiblement supérieure aux techniques astronomiques et d'observations provenant du satellite Doppler, puisqu'elle réunit la haute précision, la haute sensibilité et la stabilité à long terme.

L'analyse et la comparaison des observations de routine et d'essai de la rotation de la terre et du mouvement polaire servent à améliorer les modèles de réduction des données, les normes de référence et les techniques d'observation. Une réévaluation complète de toutes les observations P.T.Z. disponibles à Ottawa (1956-1978) et à Calgary (1968-1978) est en cours, au moyen d'un nouveau programme informatisé général; il s'agit d'analyser les paramètres et les variations du modèle de réduction des données de la rotation de terrestre au cours des deux dernières décennies. Le logiciel de réduction du satellite Doppler a également été amélioré, afin d'augmenter la précision des déterminations de l'orbite du satellite et de la position des pôles.

Les données clinométriques de très haute qualité des marées terrestres observées à l'emplacement souterrain à Glen Almond (Québec) sont comparées à celles provenant d'une région sismique plus active et à celles provenant de voûtes d'observations moins stables. Les données clinométriques des marées provenant de la région sismologiquement active de Charlevoix (Québec) continuent à indiquer d'importantes variations dans la réaction de la roche avec le temps. On cherche actuellement à déterminer si ces modifications sont dues à des variations de la réaction régionale de la croûte ou à des modifications de l'association inclinaison-tension. Les données gravimétriques des marées sont enregistrées au Centre géoscientifique du Pacifique, à Sidney (C.-B.); elles fournissent des prédictions des changements séculaire dans la gravité pour les applications en laboratoires. Les niveaux d'eau ont été surveillés aux neuf différents trous de sonde à Chalk River (Ontario) et à Whiteshell (Manitoba) afin d'estimer la réaction à la marée. Les essais de programmes informatisés pour la modélisation de la réaction à la marée en termes de paramètres hydrologiques régionaux se poursuivent. L'étude connexe a pour objet de révéler les discontinuités possibles dans les masses rocheuses, dans le cadre des études sur le stockage des déchets radioactifs.

Dynamique de la Terre

Des organismes privés travaillant à contrat pour la Direction de la physique du Globe ont effectué de nouveaux levés de réseaux gravimétriques précis dans les régions sismiquement actives de la vallée du Saint-Laurent et de l'île de Vancouver. Quelques stations aux deux endroits semblent indiquer des tendances à long terme d'importance tectonique en tenant compte des variations saisonnières de 5 à 10 μgal ($1 \mu\text{gal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$). Un profil gravimétrique précis a été établi grâce à six stations dans les environs du barrage de LG-2 au Québec; il fournira des données de base pour mesurer la déviation verticale de la croûte par suite du remplissage du réservoir de LG-2. Le nivellement de premier ordre le long du profil a été également mis à jour par la Direction des levés géodésiques du Canada, à la demande de la Direction de la physique du Globe, en prévision du remplissage du réservoir. Les mesures gravimétriques sont maintenant plus exactes grâce à l'application routinière de facteurs d'étalonnage en laboratoire à tous les microgravimètres.

Le rassemblement des données de tension et d'inclinaison de l'observatoire de Charlevoix, près de La Malbaie (Québec), se poursuit. L'examen de la cohérence spatiale de l'inclinaison dans la voûte a permis d'observer des variations de caractère local ou régional. Les modèles des variations "locales" représentent les déformations de la voûte sous l'influence des variations de la température de surface et des inondations. L'analyse statistique de la relation temporelle entre les phénomènes "régionaux" transitoires concernant l'inclinaison et la tension, les tremblements de terre et les périodes de grande pluie a montré que ni les tremblements de terre ni les pluies ne peuvent expliquer complètement les

phénomènes observés. Des observations supplémentaires de l'inclinaison se font actuellement à 8 km de l'observatoire principal, afin de vérifier le caractère "régional" des phénomènes. Les travaux de surveillance des niveaux d'eau dans les trous de sondage à l'observatoire principal permettront également de bien distinguer entre l'écoulement de surface et la tension du volume tectonique. L'Université Laval, travaillant à contrat pour la Direction de la physique du Globe, a démontré grâce à une technique de nivellement répété d'un ordre de précision spécial, une inclinaison systématique pouvant atteindre plusieurs microradians, au cours d'une période de cinq mois, ce qui concorde avec les données clinométriques provenant de la voûte de l'observatoire. Les activités à l'observatoire de Charlevoix sont conçues pour déterminer la relation des déformations non sismiques à la sismicité de la région et pour perfectionner les techniques de localisation utilisés dans d'autres régions.

Toutes les échelles de marée et les données de renivellement pour le territoire canadien ont été recueillies et traitées par ordinateur à l'Université du Nouveau-Brunswick, dans le cadre d'un contrat passé avec la Direction de la physique du Globe. L'analyse de ces données a permis une première estimation des variations régionales de la vitesse de réfraction verticale de la croûte au Canada. Les préparatifs pour LOREX 1979, l'expérience menée sur la dorsale de Lomonossov au printemps de 1979, se sont poursuivis. Ils consistent en la coordination d'un programme scientifique comprenant six organismes de l'E.M.R., un organisme d'Environnement Canada et cinq universités; en des négociations avec le ministère de la Défense nationale pour aider au transport du matériel, et en la coordination de la logistique et des plans scientifiques entre LOREX et le FRAM 1, programme qui sera mené par les É.-U., au même moment, dans le bassin Fram, dans l'océan Arctique. En octobre, la D.P.G. a tenu une réunion de planification avec tous les principaux enquêteurs et représentants présents de l'E.P.C.P., de la D.P.G. et du M.D.N. Les deux premiers numéros de LOREX Newsletters ont été distribués; et le plan opérationnel définitif a été dressé.

