

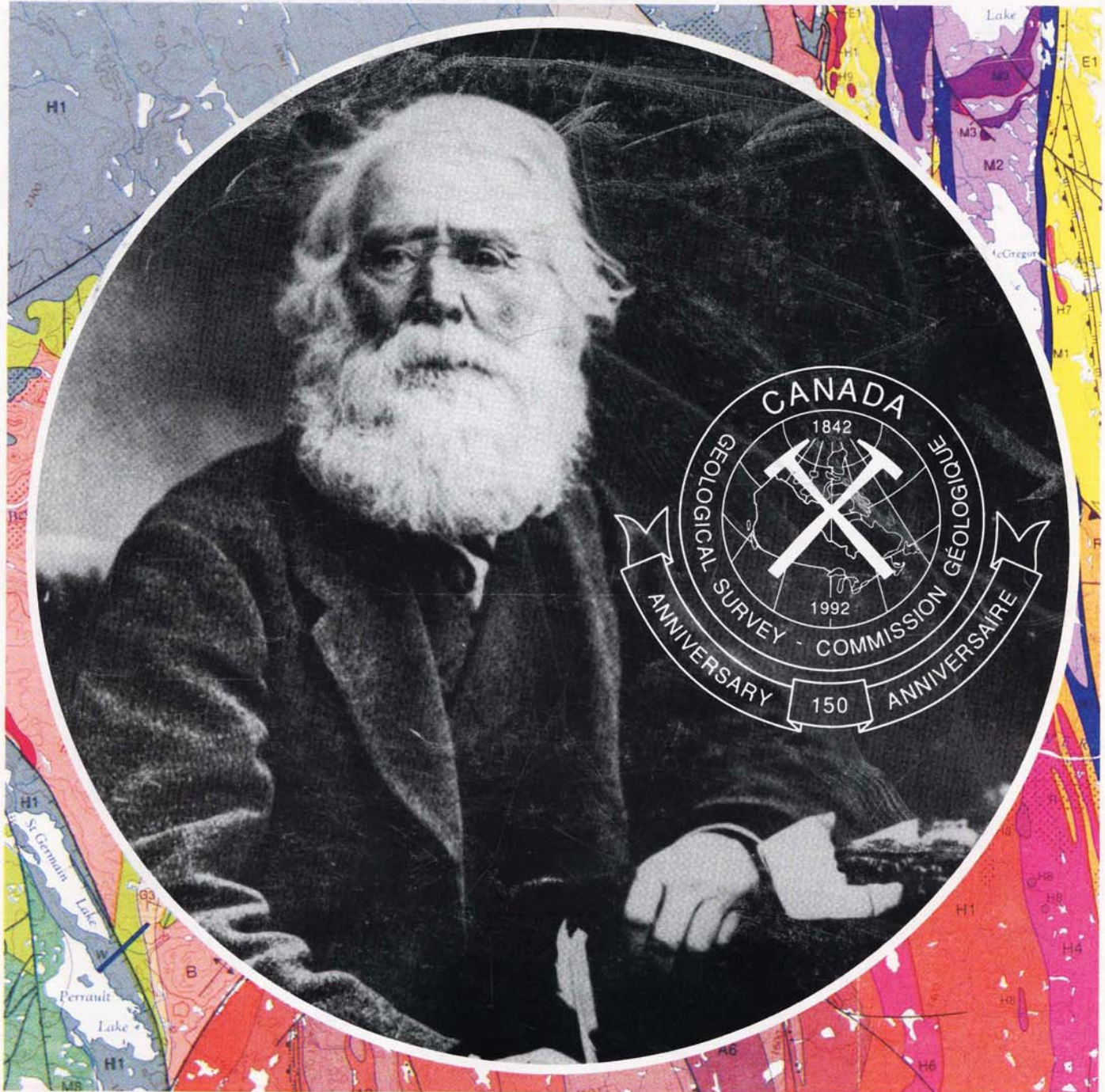
This document was produced
by scanning the original publication.

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

GEOS

Vol. 21 No. 1 Winter-Spring / Vol. 21, n° 1 Hiver-Printemps 1992

A quarterly about the Earth's resources / Publication trimestrielle sur les ressources de la Terre



THE ENERGY OF OUR RESOURCES - THE POWER OF OUR IDEAS

L'ÉNERGIE DE NOS RESSOURCES - NOTRE FORCE CRÉATRICE

GEOS

A quarterly about the Earth's resources

Publication trimestrielle sur les ressources de la Terre

Vol. 21 No. 1 Winter-Spring 1992
Vol. 21, n° 1 Hiver-Printemps 1992

GEOS is published quarterly by Energy, Mines and Resources Canada. Minister, the Hon. Jake Epp Deputy Minister, Bruce Howe

GEOS est une publication trimestrielle d'Énergie, Mines et Ressources Canada. L'Hon. Jake Epp, ministre M. Bruce Howe, sous-ministre

Opinions expressed by contributors from outside the department are their own and not necessarily those of EMR.

Le Ministère ne partage pas nécessairement les opinions des collaborateurs de GEOS qui ne font pas partie d'EMR.

Editor
Rédactrice en chef
Primrose Ketchum

Associate Editor
Rédactrice adjointe
Martha Armstrong

French editor
Rédacteur français
Georges-Paul Raby

Graphics
Présentation graphique
Carisse Graphic Design Ltd.

GEOS is distributed without charge on request. Distribution, GEOS, Energy, Mines and Resources, 580 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E4

Indexed in the Canadian Periodical Index.

Indexed in the Canadian Magazine Index and available on-line in the Canadian Business & Current Affairs Database.

GEOS est distribué gratuitement sur demande. Centre de diffusion, GEOS, Énergie, Mines et Ressources Canada, 580, rue Booth, OTTAWA, (Ontario) K1A 0E4

Cité dans l'Index des périodiques canadiens.

Répertorié dans le Canadian Magazine Index et disponible en direct dans la banque de données Canadian Business and Current Affairs

ISSN 0374-3268



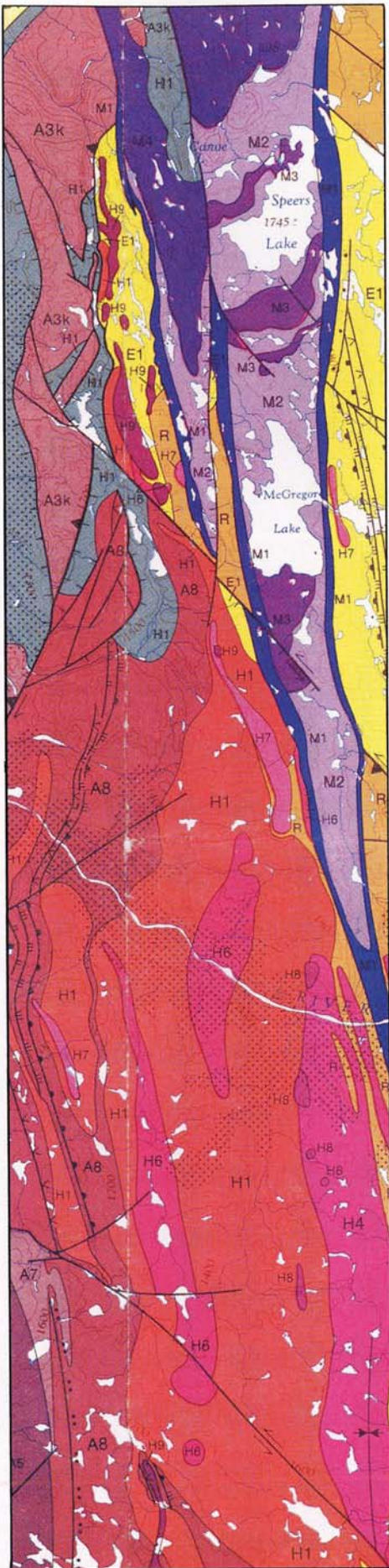
Energy, Mines and
Resources Canada

Énergie, Mines et
Ressources Canada

Contents/Sommaire

- 2 The Geological Survey of Canada/ La Commission géologique du Canada
- 4 **Concepts**
- 4 Assessing Canada's Oil and Gas Potential/ Évaluation du potentiel pétrolier et gazier du Canada
by/par Richard Proctor and/et Gordon Taylor
- 6 Geochronology at the Geological Survey of Canada/
Géochronologie à la Commission géologique du Canada
by/par Mike Villeneuve and/et Randy Parrish
- 8 Seafloor Spreading and Canada/ L'expansion océanique et le Canada
by/par Robin Riddihough
- 10 Giant Impacts: Consequences for Biological Extinctions, Global Environments
and Ore Formation/ Conséquences des impacts gigantesques : extinctions
biologiques, changement dans l'environnement mondial et formation de
minerais
by/par Wayne Goodfellow
- 12 Economic Geology: Discovering Canada's Mineral Wealth/
Géologie économique : Découvrir les richesses minérales du Canada
by/par Murray Duke
- 14 Geochemical Exploration Research at the GSC: 40 Years of Progress/
Les recherches en exploration géochimique à la CGC : 40 ans d'évolution
by/par Robert Boyle with/avec Bill Coker and/et Gwendy Hall
- 16 **Innovations**
- 16 Innovations in Laboratory Techniques/
Innovations dans les techniques de laboratoire
by/par Gina Le Cheminant
- 18 Reaching the Rocks — Challenges in Transport and Mobility/
Comment se rendre dans les lieux qui les intéressaient?
- 22 GSC's Role in the Development of Airborne Geophysics/
Le rôle de la CGC dans l'évolution de la géophysique aéroportée
by/par Arthur Darnley with/avec Martha Armstrong
- 24 **Looking Ahead/ L'avenir de la CGC**
- 24 Drilling the Ocean Floor/ Le sondage des fonds marins
by/par Robin Riddihough
- 26 NATMAP
by/par Martha Armstrong with/avec Mike Cherry
- 28 EXTECH
by/par Martha Armstrong with/avec Bill Coker
- 30 Environmental Geoscience Studies and Global Change/
L'étude géoscientifique de l'environnement et le changement planétaire

Canada



- 33 What's in a Name? / Les minéraux et leurs noms
- 34 Geosites — Interpreting the Canadian Landscape/
Les sites géologiques et l'interprétation du paysage canadien
- 37 Climbing Mount Logan/ L'ascension du mont Logan
by/par Martha Armstrong
- 39 Where Geology and Art Meet/ Quand l'oeil du géologue et l'oeil de l'artiste
ne font qu'un
by/par Christy Vodden
- 42 Geologists' Own Adventures/ Mémoires de géologues
- 44 Educational Materials Available from the GSC/ Matériel éducatif disponible à
la Commission géologique du Canada

Cover: The 150th anniversary logo: the geological hammers superimposed on the map of Canada signify the importance of geology to the exploration and development of our country. Sir William Edmond Logan, GSC founding director.

Back cover: Forging a glacial stream, St. Elias Mountains, Yukon Territory, 1955, by John Wheeler. Prize winning photo in the GSC's 1991 Photo Contest, GSC At Work category.

Couverture : Le logo du 150^e anniversaire : les marteaux de géologues superposés à la carte du Canada représentent l'importance de la géologie aux initiatives d'exploration et de mise en valeur des ressources du pays. William Edmond Logan, premier directeur de la CGC.

Plat verso: Traverse d'un cours d'eau glaciaire, massif St. Elias, Yukon, 1955. Cette photo, par M. John Wheeler, a gagné une prix dans le concours de photos de la CGC de 1991, catégorie 'La CGC au travail.'

All texts and photographs by GSC staff unless otherwise mentioned/ Tous les textes et photos par l'équipe de la CGC sinon mentionné autrement



The Geological Survey of Canada

The first home of the GSC in Ottawa (1881-1910) at the corner of Sussex Drive and George Street. As part of the Survey's 150th Anniversary celebrations, a plaque will be placed on the building in May during a ceremony with Parks Canada and the National Capital Commission.

Le premier bâtiment occupé par la CGC à Ottawa (1881-1910), à l'angle de la promenade Sussex et de la rue George. Dans le cadre des célébrations du 150^e anniversaire de la CGC, une plaque sera posée sur la façade en mai, au cours d'une cérémonie organisée de concert avec le Service canadien des parcs et la Commission de la capitale

La Commission géologique du Canada

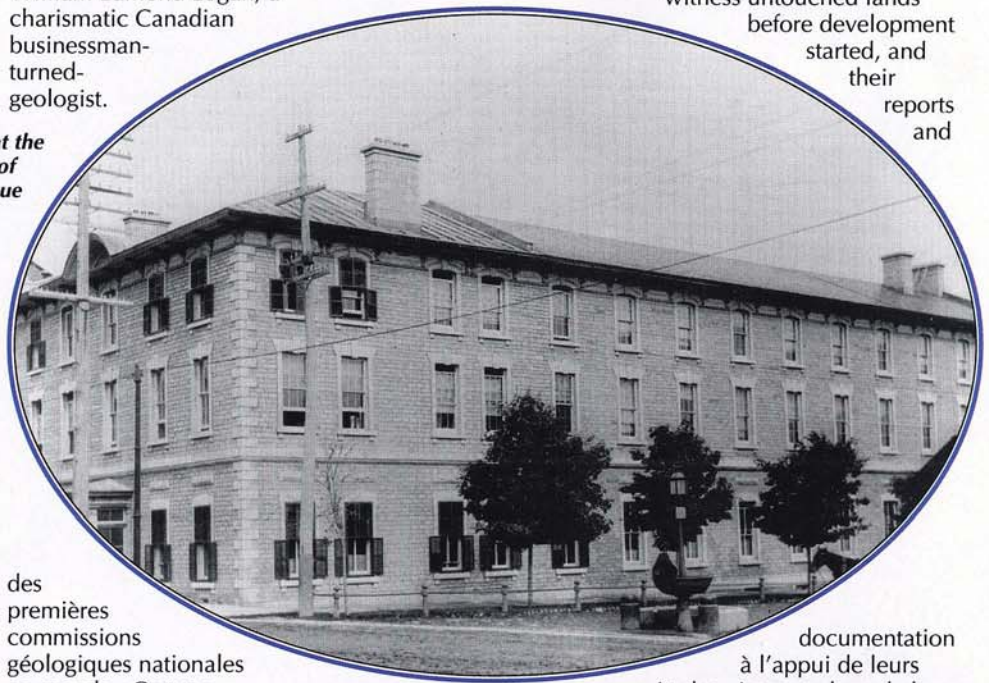
Fondée en 1842, la Commission géologique du Canada (CGC) a été la force motrice du levé de la carte géographique du territoire canadien, qui s'étend sur presque dix millions de kilomètres carrés de terres et de lacs d'eau douce et sur plus de six millions de kilomètres carrés de marge continentale ou limites côtières.

La Commission est l'un des plus vieux organismes scientifiques du Canada et l'une

Créé en 1842, le Geological Survey of Canada (GSC) has been the driving force behind the geological mapping of Canada's nearly 10 million square kilometres of land and freshwater lakes, and more than six million square kilometres of continental margin, or coastal boundaries.

The GSC is one of Canada's oldest scientific agencies and among the world's first national geological surveys. Such surveys were still uncommon when it began, although France and Britain had established theirs in the 1830s.

The GSC began life under the direction of William Edmond Logan, a charismatic Canadian businessman-turned-geologist.



des premières commissions géologiques nationales au monde. Ce type d'organisme n'était pas très répandu à ses débuts, bien que la France et le Royaume-Uni aient créé leur propre commission dans les années 1830.

La Commission a vu le jour sous la direction de William Edmond Logan, homme d'affaires canadien de grand charisme devenu géologue. Sous sa direction, la Commission a effectué son premier relevé, celui de la province de Québec, afin d'y découvrir du charbon qui était alors le principal combustible industriel. À défaut de charbon, le relevé a permis de déterminer l'existence de dépôts exploitables de cuivre et d'autres minerais métalliques, ouvrant la voie à l'exploitation des mines métalliques au XX^e siècle au Canada.

Au début, la Commission ne s'occupait pas uniquement de géologie. Les membres du personnel étudiaient de surcroît la géographie, la topographie, les plantes, les animaux, les oiseaux, l'archéologie et les habitants du pays et ils rassemblaient de la

Under Logan's direction, the first survey the GSC carried out was of Quebec, in an effort to find coal, the main fuel of industry at the time. Although the search for coal was unsuccessful, the GSC survey did determine there were mineable deposits of copper and other metallic minerals, setting the scene for much of Canada's 20th century hardrock mining industry.

In its early years, the GSC covered more than just geology. Staff members also studied and documented geography, topography, plants, animals, birds, archaeology and peoples. Members of the GSC have often been among the last to witness untouched lands before development started, and their reports and

documentation à l'appui de leurs études. Les membres de la

Commission ont souvent été parmi les derniers à fouler les espaces sauvages avant que ceux-ci ne soient colonisés, et leurs comptes rendus et photos constituent une des bases des archives canadiennes.

Effectivement, sous la direction de Logan la Commission a fait connaître les ressources et la géologie du Canada à l'étranger, nouant des liens avec les commissions américaine et britannique et prenant part à des expositions internationales. En conséquence, Logan est devenu membre de la Royal Society of London, à la suite d'une exposition tenue dans cette ville en 1851, et on lui a décerné la Croix de la Légion d'honneur à Paris, où le Canada avait, grâce à lui, reçu des louanges mondiales à l'exposition universelle de 1855. En reconnaissance de son travail, la reine Victoria le fit commandeur en 1856.

D'autres directeurs ont également exercé une grande influence sur la Commission. Dans les années 1880, George Mercer Dawson a acquis la réputation de pionnier

photos form a cornerstone of Canadian archival material.

Indeed, under Logan's stewardship, the GSC promoted Canadian resources and geology abroad, forming links with American and British surveys and participating in international exhibits. As a result, Logan was inducted into the Royal Society of London after an exposition in that city in 1851 and was awarded the Cross of the Legion of Honour in Paris, where he earned praise for Canada worldwide during the 1855 Universal Exposition. Queen Victoria recognized his work by knighting him in 1856.

Other directors also had a great impact on the GSC. In the 1880s, George Mercer

Dawson became a pioneer geologist and noted ethnologist in Western Canada. His reports included observations on the Haida Indians of British Columbia, and his photographs of people, settlements and totem poles give a last glimpse of a vanishing landscape. In the late 19th century, under the direction of Albert Peter Low, GSC field trips were epic adventures, some lasting more than a year at a time using canoes, ships, snowshoes and dog teams.

With time, the GSC has become more specialized. In 1927, the National Museums of Canada broke off from the Survey, and many of the Survey's early topographic mapping and policy duties have been transferred to other sections of

Energy, Mines and Resources Canada, which itself grew from the Department of Mines, an offshoot of the Survey.

In 1992, as the GSC marks its 150th anniversary, it remains true to innovative roots and to a well deserved international reputation. It continues to provide Canadians with superior technology and geoscientific knowledge about Canada, its offshore, its mineral and energy resources and the natural conditions that affect land and seabed use. Indeed, there are still places in Canada known only through reconnaissance maps drawn from helicopter-supported surveys. These areas will provide the GSC with new frontiers and challenges that will take it well into the 21st century.



Taken from Canada Yearbook 1992.

Members of the Geological Survey of Canada on an early mapping mission.

Des membres de la Commission géologique du Canada dans une des premières missions de cartographie de la CGC.

dans le domaine de la géologie et d'ethnologie remarquable dans l'Ouest du Canada. Ses comptes rendus renferment notamment des observations sur les Indiens haïda de la Colombie-Britannique et ses photographies des habitants, des villages et des mâts totémiques laissent entrevoir une dernière fois un univers en voie de disparition. Vers la fin du XIX^e siècle, sous la direction d'Albert Peter Low, les excursions de la Commission devinrent des aventures épiques, certaines d'entre elles, d'une durée de plus d'un an, étant effectuées en canot, en bateau, en raquettes et en traîneaux à chiens.

Au fil des ans, la Commission s'est spécialisée. En 1927, les Musées nationaux

du Canada se sont séparés de la Commission et un grand nombre des fonctions originales d'administration et de levé topographique de la Commission ont été confiées à d'autres sections du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, issu du ministère des Mines, qui était lui-même une des ramifications de la Commission.

Fidèle à ses origines, la Commission, qui célèbre en 1992 son 150^e anniversaire, continue d'innover tout en conservant sa réputation internationale bien méritée. Elle fournit encore aux Canadiens des renseignements technologiques et géoscientifiques d'une très grande qualité sur le Canada et les zones au large des

côtes, les ressources minérales et énergétiques et les conditions naturelles qui influent sur l'utilisation des terres et du lit marin. En fait, il existe encore au Canada des endroits connus uniquement grâce à des cartes de reconnaissance établies à partir de relevés effectués en hélicoptère. Ces régions constituent, pour la Commission, des frontières à explorer et des défis à relever qui la tiendraient occupée pendant une bonne partie du XXI^e siècle.

Annuaire du Canada 1992

CONCEPTS

Throughout its history, the Geological Survey of Canada has been a leader in developing scientific concepts which better explain our country's geology. This knowledge is fundamental to exploring and developing mineral and energy resources, assessing the environmental impacts of natural hazards and human activity, examining global change and advancing the study of science.

The following six articles examine just a few of the key scientific concepts which began or achieved their full development at the Survey, making GSC an internationally recognized authority on the state of the geosciences.

ASSESSING CANADA'S OIL AND GAS POTENTIAL

by **Richard Proctor and Gordon Taylor**

Just how much oil and gas does Canada have?

Policy-makers at EMR placed that question before the GSC early in 1972, launching the first of three phases of modern resource analysis within the Survey. At the time, politicians were concerned about Canada's long-term energy supply and the wisdom of ever-increasing oil exports.

The department also felt it needed an independent assessment of the nation's petroleum resources instead of relying on data produced by the petroleum industry. The GSC had a long tradition of studying Canada's resources — recognizing early on the importance of the Athabasca tar sands and the significance of oil and gas discoveries in the western provinces in the 1920s. But it had not yet developed a program for preparing quantitative estimates of oil and gas.

GSC scientists began by devising a rather crude volumetric methodology, incorporating the 'new' concept of

expressing the uncertainty associated with the estimates. Those estimates were revised in 1973 using a much improved approach that recognized the number and type of petroleum plays (a collection of geologically related prospects and oil and gas pools having the same history of development) in each basin. This play approach, known within the resource analyst community as the 'Canadian' method, became the basis of all future estimates.

Phase two of GSC resource analysis occurred when planners, wishing to develop forecasts of future supply and economics, realized that questions such as the size, character and number of individual petroleum accumulations were more important than the total quantity of resources alone. The GSC needed to acquire and consider much more geological data and to devise new methods of interpretation. Survey researchers continued to develop and expand computer-based methodology with probabilistic and statistical analyses of potential, using working committees of

CONCEPTS

Tout au cours de son histoire, la Commission géologique du Canada s'est maintenue au premier plan dans l'élaboration d'hypothèses scientifiques visant à mieux expliquer la géologie de notre pays. Les connaissances acquises à cet égard sont fondamentales pour l'exploration et la mise en valeur des ressources minérales et énergétiques, pour l'évaluation des incidences environnementales des dangers naturels et de l'activité humaine, pour l'examen de la transformation du globe et pour l'avancement de la science.

Les six articles suivants abordent quelques uns seulement des concepts scientifiques fondamentaux qui ont été formulés ou développés à la Commission pour l'élever au rang des organismes internationalement reconnus et faisant autorité dans le domaine des sciences de la terre.

ÉVALUATION DU POTENTIEL PÉTROLIER ET GAZIER DU CANADA

par **Richard Proctor et Gordon Taylor**

Quelle quantité de pétrole et de gaz le Canada possède-t-il?

Les dirigeants d'EMR ont confié cette question à la CGC au début de 1972, ce qui a marqué le lancement de la première des trois phases d'une analyse moderne des ressources. À ce moment, les politiciens se préoccupaient de l'approvisionnement énergétique à long terme du pays et des exportations croissantes de pétrole.

Le Ministère croyait aussi qu'il devait commander sa propre évaluation des ressources pétrolières canadiennes plutôt que de dépendre des données produites par l'industrie du pétrole. La CGC avait déjà une longue expérience de l'étude des ressources nationales; elle avait notamment reconnu très tôt l'importance des sables bitumineux de l'Athabasca ainsi que celle des réserves de gaz et de pétrole découvertes dans les provinces de l'Ouest au cours des années 1920. Cependant, la Commission n'avait pas encore élaboré de programme lui permettant de réaliser des estimations quantitatives des ressources

pétrolières et gazières.

Les scientifiques de la CGC ont donc commencé par concevoir une méthode volumétrique assez sommaire. Cette méthode faisait appel à un concept «nouveau», soit l'expression des facteurs d'incertitude liés aux estimations. Ces dernières ont été révisées en 1973 au moyen d'une approche sensiblement perfectionnée qui tenait compte du nombre et de la nature des zones pétrolières (un ensemble composé de zones d'intérêt liées sur le plan géologique et de gisements de pétrole et de gaz au développement semblable) contenues dans chaque bassin. Cette méthode des zones pétrolières, que les analystes des ressources surnomment la méthode «canadienne», a servi de base au calcul de toutes les estimations subséquentes.

La deuxième phase de l'analyse des ressources menée par la CGC a commencé lorsque les planificateurs, qui tentaient de prévoir la demande future et l'évolution de l'économie, se sont rendu compte que des questions comme la taille, la nature et le

experts for each element. Knowledgeable scientists were drawn from different parts of GSC as well as from other sectors of EMR, Indian and Northern Affairs, and the National Energy Board.

By the early 1980s, the department formally created a Petroleum Resources Assessment Panel (PANEL) to both report resource estimates and provide a mechanism for setting priorities for future studies. PANEL topics required analyses with very specific time deadlines on such issues as frontier exploration incentives, pipelines, northern development, sovereignty, boundary disputes and gas export justification. To be effective, results had to be delivered on time, and GSC quickly developed an enviable reputation by producing more than 50 petroleum resource reports up to 1990, including several 'best sellers' such as *Oil and Natural Gas Resources of Canada - 1983*.

The third phase of GSC resource analysis development occurred as the PANEL sought to fully integrate studies of petroleum reserves, potential and supply economics. This required a higher level of database integration and development of additional data from the resource analysis program. In 1988, the publication of *Conventional Oil Resources of Western Canada* began the practice of releasing resource assessments,

nombre des accumulations individuelles de pétrole étaient plus importantes que la quantité totale des ressources. Par conséquent, la CGC devait acquérir et étudier beaucoup plus de données géologiques; il fallait aussi concevoir de nouvelles méthodes d'interprétation. Les chercheurs ont donc continué à élaborer et à perfectionner diverses méthodes informatiques alliant des analyses statistiques et probabilistes de potentiel, notamment en formant des groupes d'experts pour chaque aspect. On a en outre fait appel à des scientifiques reconnus provenant de différents secteurs de la CGC, des autres secteurs d'EMR, du ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien et de l'Office national de l'énergie.

Puis, au début des années 1980, le Ministère a officiellement créé le Groupe d'évaluation des ressources pétrolières, qui avait comme objectifs de présenter des estimations des ressources et d'élaborer un mécanisme permettant d'établir des priorités quant aux recherches futures. Les membres de ce Groupe devaient étudier, selon un échéancier très serré, des questions comme la stimulation de l'exploration dans des régions pionnières, les pipelines, la mise en valeur du Nord, la souveraineté, les litiges frontaliers et la justification des exportations de gaz. Pour que ces travaux soient efficaces, il fallait

geological framework and supply economics as separate parts of a single document.

"The evidence... points to the existence in the Athabaska and Mackenzie Valleys of the most extensive petroleum field in America, if not in the world... it is probable this great petroleum field will assume an enormous value in the near future and will rank among [Canada's] chief assets." Excerpt from GSC report to a Senate Committee in 1888. The drill rig shown here was used by the GSC at Victoria, Alberta in 1898 in an early attempt to locate commercial quantities of oil and gas in the Prairies.



que les résultats obtenus soient présentés à temps. Cette exigence a permis à la CGC d'acquérir rapidement une réputation enviable, car elle est parvenue à produire, jusqu'en 1990, plus de 50 rapports sur les ressources pétrolières, dont des succès comme le document *Ressources en pétrole et en gaz naturel du Canada, 1983*.

Au début de la troisième phase de l'analyse, les membres du Groupe d'évaluation des ressources pétrolières visaient à intégrer entièrement les études sur les réserves pétrolières, les potentiels et l'économie des réserves. Pour atteindre cet objectif, on devait intégrer davantage la base de données et acquérir des données supplémentaires à partir du programme d'analyse des ressources. C'est en 1988, année de la parution du document *Ressources en pétrole conventionnel de l'Ouest canadien*, qu'on a commencé à publier séparément des évaluations des ressources, des cadres géologiques et des articles sur l'économie des réserves qui avaient été préparés dans le cadre d'un même rapport.

La CGC compte parmi les chefs de file mondiaux de l'évaluation des ressources, notamment grâce à son programme de recherche permanent dans cette discipline.

The GSC's on-going research program in resource evaluation methodology has made it an internationally recognized leader in the field. Methodology developed by GSC is now being used in China, several countries in Southeast Asia, South America, Europe and North America, partly as a result of international assistance programs and sponsorship of the International Union of Geological Sciences.

Richard Proctor and Gordon Taylor, formerly of the GSC, now run PRAS Consultants in Calgary.

«On constate qu'il existe, dans les vallées de l'Athabaska et du Mackenzie, le plus grand gisement de pétrole en Amérique, voire du monde entier (...) Il est probable que cet extraordinaire gisement de pétrole prendra une valeur énorme dans un avenir rapproché et qu'il deviendra l'un des principaux biens du Canada.» Traduction libre d'un extrait tiré d'un rapport présenté par la CGC à une commission sénatoriale en 1888. L'installation de forage illustrée ci-haut a été utilisée par la CGC à Victoria (Alberta) en 1898, lors de l'un des premiers essais visant à détecter une quantité exploitable de pétrole et de gaz dans les Prairies.

La méthode élaborée à la Commission est maintenant utilisée en Chine, en Amérique du Sud, en Europe, en Amérique du Nord et dans plusieurs pays de l'Asie du Sud-Est. Cette popularité est en partie redevable à des programmes d'aide internationale et au parrainage de l'Union internationale des sciences géologiques.

MM. Richard Proctor et Gordon Taylor, anciens employés de la CGC, maintenant dirigeant PRAS Consultants à Calgary.

GEOCHRONOLOGY AT THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

by Mike Villeneuve and Randy Parrish

Geochronology, the science of finding out a rock's age using natural radioactive decay, has been an integral part of the Survey's mapping program since the 1950s. More than two thirds of Canada consists of rocks that pre-date the appearance of diverse and abundant fossil-forming life; geochronology allows geologists to determine the age of those rocks and correlate geological events, even when the rocks are today widely separated.

Exposures of Quartzite (foreground) and paragneiss (background) along the northernmost coastline of the Ungava Peninsula, northern Quebec. Dating of single detrital grains of zircon from the quartzite indicates a sedimentary provenance ranging from late Archean to 1 834 000 000 years. After deposition of the sediments, these rocks were rapidly buried, metamorphosed and intruded by igneous rocks, all within 5 000 000 years during continental collision.
Photo: R. Parrish

Affleurements de quartzite (au premier plan) et de paragneiss (en arrière-plan) à l'extrémité nord du littoral de la péninsule d'Ungava, dans le nord du Québec. La datation des grains détritiques de zircon extraits du quartzite indiquent une origine sédimentaire et un âge s'échelonnant de l'Archéen tardif au Protérozoïque moyen (1 834 000 000). En l'espace de 5 millions d'années, les sédiments ont rapidement été enfouis, métamorphosés et recouverts par des roches ignées.
Photo : R. Parrish

Much recent work has focused on dating minerals like zircon ($ZrSiO_4$) or monazite ($Ce,LaPO_4$), which are highly resistant to chemical and mechanical degradation and occur in many rock types. A geochronological scheme, using the rate of radioactive decay of uranium to lead, allows scientists to determine the age of a 3.6 billion year old rock to within one million years. Recent advances in technology permit researchers to analyze less than one

billionth of a gram of lead, substantially decreasing the amount of material required for the process — to less than the size of a grain of sand.

A recent study dated rocks recovered from the bottom of oil exploration drill holes, at depths ranging from 100 to over 3000 metres below the surface. This information helps geologists to follow tectonic belts from the exposed Canadian Shield westwards into the subsurface of Alberta



GÉOCHRONOLOGIE À LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

par Mike Villeneuve et Randy Parrish

La géochronologie, science dont l'objet est de déterminer l'âge des roches par la décroissance de leur radioactivité naturelle, a été intégrée au programme de cartographie de la Commission géologique dès les années 1950.

Plus des deux tiers de la superficie du Canada sont recouverts de roches dont l'existence remonte à une ère antérieure à l'apparition de formes de vie dont témoignent en abondance aujourd'hui une grande diversité de fossiles. La

géochronologie permet aux géologues de déterminer l'âge de ces roches et d'établir une corrélation entre des événements géologiques très éloignés l'un de l'autre, mais où les roches ont encore aujourd'hui des caractéristiques communes.

Les travaux faits récemment ont consisté principalement à établir la datation de minéraux comme le zircon ($ZrSiO_4$) ou la monazite ($Ce, LaPO_4$), qui sont très résistants à la dégradation chimique ou mécanique et que l'on trouve dans un nombre considérable de types de roches. Un schéma géochronologique basé sur le

taux de transformation de l'uranium en plomb permet aux scientifiques de déterminer, à un million d'années près, l'âge d'une roche formée il y a 3,6 milliards d'années. Des progrès technologiques récents permettent aux chercheurs d'analyser moins d'un milliard de gramme de plomb, ce qui réduit grandement les quantités de matière nécessaires à ces travaux (il faut maintenant moins qu'un grain de sable).

Une étude récente a permis de dater des roches ramenées du fond de forages d'exploration pétrolière, à des profondeurs

and from there into terranes exposed in the Canadian Cordillera. Other types of studies entail analyzing zircons which have been carried into sedimentary deposits (ancient beach sands for example). Researchers can characterize the ages of grains in the sediment and then, by comparing these ages with the age of rocks from surrounding regions, deduce the original sources of the sediments.

Other radioactive decay systems are also used to provide different information about a rock's history. The decay of potassium to argon in a mineral may record the last thermal event the rock experienced. The decay of the rare earth element samarium to

neodymium can indicate approximately when a rock initially separated from the mantle and became part of the continental crust.

When all these systems are combined with geological mapping, scientists can assemble a geological history of a region, which in turn provides a framework for future exploration for economic resources. For example, much work has taken place in the goldbearing regions of the Slave and Superior geological provinces to provide information as to age, source and location of gold deposits.

Isotopic studies have confirmed the existence of some of the oldest rocks on

earth, such as the 3.9 billion-year-old gneiss of the Slave Province north of Yellowknife and the 3.6 billion year old rocks off the Labrador coast. Systematic geochronological studies carried out in the Canadian Shield have shown that much of Canada was assembled from small, disparate Archean crustal blocks which were 'welded' together about two billion years ago.

The Geochronology Laboratory at the GSC is one of the most productive (more than 700 rocks were analyzed last year) and exacting facilities in the world. It has contributed in substantial ways to advancements in methodology and new geochronological applications.



Aerial photograph of the New Quebec Crater, a meteorite impact structure in northern Quebec. This structure is less than one million years old, the youngest impact structure known in Canada. The meteorite impacted gneisses of Superior Province are 2.7 to 2.8 billion years old. Both the impact and the age of surrounding rocks were dated by the GSC's Geochronology Laboratory. Photo: R. Parrish

Photographie aérienne du cratère du Nouveau-Québec, dans le nord du Québec. D'un âge inférieur à un million d'années, cette structure d'impact météoritique est la plus récente dont l'existence soit connue au Canada. Les gneiss de la province du Supérieur qui ont subi l'impact du météorite ont un âge compris entre 2,7 et 2,8 milliards d'années. L'âge de l'impact et celui de la roche encaissante ont été déterminés par le Laboratoire de géochronologie de la CGC. Photo : R. Parrish

variant de 100 à 3000 mètres sous la surface. L'information obtenue aide les géologues à suivre les zones tectoniques mises à nu dans le Bouclier canadien vers l'ouest, sous la surface en Alberta et, de là, jusque dans les terranes mis à nu dans la Cordillère canadienne. D'autres types d'études faisant intervenir l'analyse des zircons ont été menées dans les dépôts sédimentaires (sable d'anciennes plages, par exemple). Les chercheurs peuvent caractériser les divers âges des grains de sédiments puis, en les comparant aux âges de ceux des roches de régions avoisinantes, délimiter les zones d'origine des sédiments.

La géochronologie utilise également d'autres systèmes basés sur la décroissance de la radioactivité pour obtenir d'autres types de renseignements sur l'histoire d'une roche. La transformation du potassium d'un

minéral en argon peut constituer l'enregistrement du dernier événement thermique auquel la roche a été soumise. La transformation de la terre rare qu'est le samarium en néodyme peut indiquer approximativement l'époque à laquelle une roche s'est initialement séparée du manteau pour s'intégrer à la croûte continentale.

Lorsque tous ces systèmes sont combinés à la cartographie géologique, les scientifiques sont en mesure d'écrire l'histoire géologique d'une région, assurant ainsi un cadre à l'exploration future de ressources économiques. Par exemple, d'importants travaux ont été exécutés dans les régions aurifères des provinces géologiques des Esclaves et du lac Supérieur et ont fourni de précieux renseignements sur l'âge, la provenance et l'emplacement des gisements aurifères.

Des études isotopiques ont confirmé l'existence de certaines des roches les plus anciennes du globe, comme le gneiss de 3,9 milliards d'années de la province des Esclaves au nord de Yellowknife et les roches âgées de 3,6 milliards d'années au large de la côte du Labrador. Les études géochronologiques systématiques menées dans le Bouclier canadien ont montré que le Canada est en grande partie constitué de petits blocs crustaux archéens disparates qui ont été « soudés » les uns aux autres il y a environ deux milliards d'années.

Le laboratoire de géochronologie de la CGC est l'un des plus productifs (plus de 700 roches y ont été analysées l'année dernière) et des plus exigeants au monde. Il a contribué grandement à faire progresser les méthodes et les applications de la géochronologie.

SEAFLOOR SPREADING AND CANADA

by Robin Riddihough

The data that triggered the recognition of seafloor spreading in 1963 came from magnetic surveys.

The magnetometer, a device which measures the strength of the earth's magnetic field, was developed to detect German submarines. The GSC bought a magnetometer in 1947 and began systematic aeromagnetic surveys for geological mapping. This move led to the widespread use of aeromagnetic surveys elsewhere in the world.

Use of the magnetometer in marine geological surveys was slower to catch on. However, in the mid 1950s, the U.S. government began a systematic bathymetric survey off the west coast of Canada and the U.S. Two university researchers, Arthur

L'EXPANSION OCÉANIQUE ET LE CANADA

par Robin Riddihough

Les données qui ont amené la communauté scientifique à reconnaître la théorie de l'expansion océanique ont été obtenues dans le cadre de levés magnétiques.

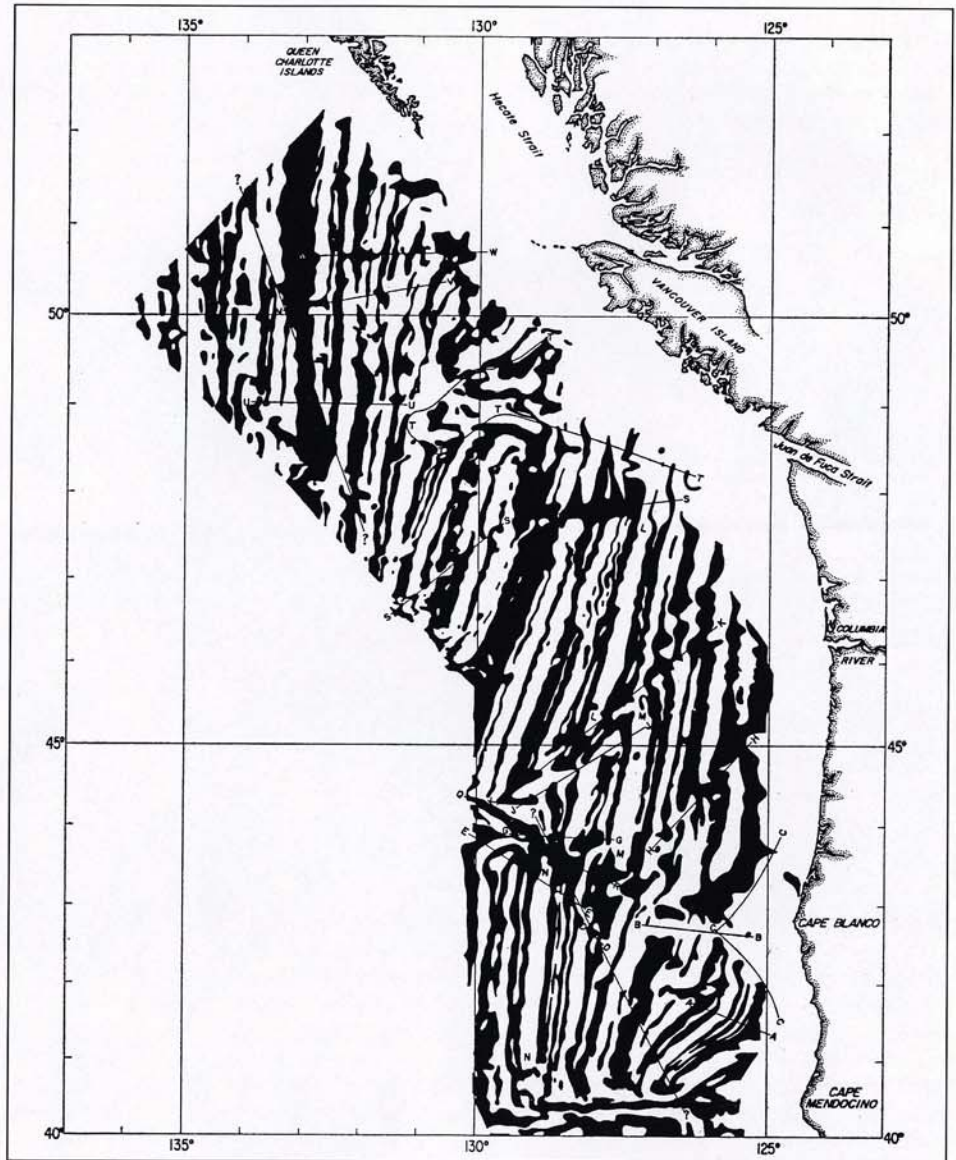
Le magnétomètre, appareil qui permet de mesurer l'intensité du champ magnétique terrestre, a été mis au point pour servir d'instrument de détection des sous-marins allemands pendant la Seconde Guerre mondiale. La CGC fit l'acquisition d'un tel appareil en 1947 pour l'utiliser dans ses levés aéromagnétiques systématiques aux fins de la cartographie géologique. L'intérêt de la CGC à l'égard de cette technique a mené à une utilisation largement répandue des levés aéromagnétiques ailleurs dans le monde.

L'utilisation du magnétomètre pour les levés en géologie marine s'est répandue plus

Raff and Ronald Mason, towed a magnetometer behind a ship. The results of their study, published in 1961, were in stark contrast to the patterns from overland surveys. They showed alternate parallel 'stripes' of magnetic disturbance hundreds of kilometres long, cut by even longer discontinuities or 'faults'.

The hypothesis that explained these stripes developed separately and simultaneously in Canada and Britain. In Canada, Larry Morley, Chief of the GSC's Geophysics

Marine magnetic anomaly map of the northeast Pacific Ocean as published by Arthur Raff and Ronald Mason in 1961.



lentement. Cependant, vers le milieu des années 1950, le gouvernement américain a entrepris un levé bathymétrique systématique au large de la côte occidentale du Canada et des États-Unis. Deux chercheurs universitaires, Arthur Raff et Ronald Mason, remorquaient un magnétomètre derrière un navire. Les résultats de leur étude, publiée en 1961, contrastaient de façon marquée avec ceux des levés effectués dans les étendues émergées. Ils présentaient des «bandes» parallèles alternées de perturbations magnétiques longues de centaines de

Carte des anomalies magnétiques du nord-ouest de l'océan Pacifique publiée par Arthur Raff et Donald Mason en 1961.

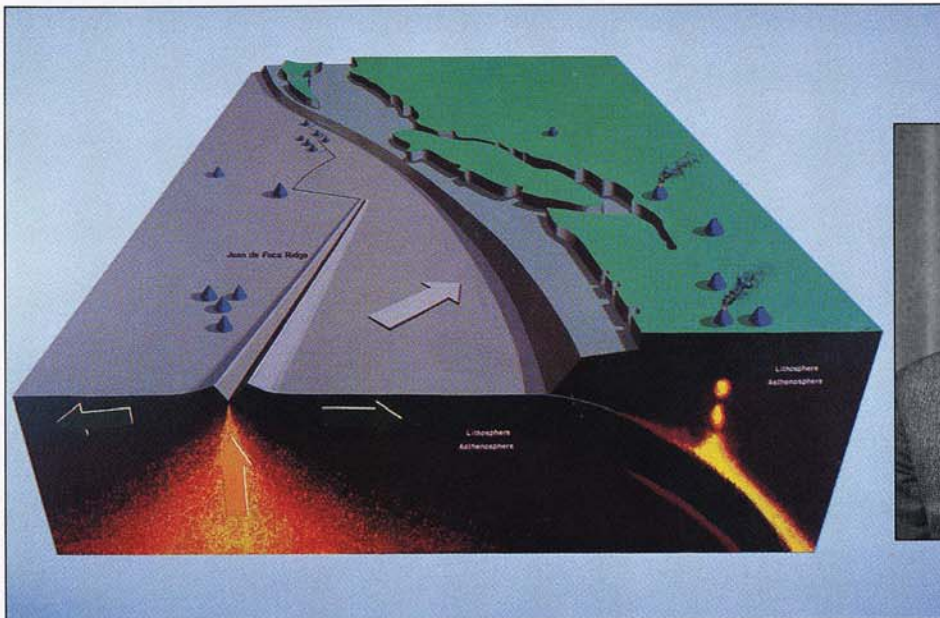
kilomètres recoupées par des discontinuités ou «failles» encore plus longues.

Pour expliquer ces perturbations linéaires, une hypothèse a été proposée simultanément au Canada et en Grande-Bretagne. Au Canada, la nouvelle théorie fut proposée par Larry Morley, chef de la Division de géophysique de la CGC. Il

Division, proposed the theory. He had studied at Toronto under J. Tuzo Wilson in the late 1940s and had been involved in aeromagnetic surveys for many years.

Using ideas on ocean-floor spreading from Robert Dietz and his own knowledge of rock magnetism (particularly whether the earth's magnetic field went through periodic reversals), Morley realized there was a simple, though outrageous, explanation. As new material rose and cooled along a linear spreading ridge, it was magnetized. If the field reversed (say at

Block diagram of Juan de Fuca Ridge and plate tectonic system off southwest British Columbia. Image: R. Riddihough



Bloc-diagramme de la dorsale Juan de Fuca et du système de plaques tectoniques au large du sud-ouest de la Colombie-Britannique. Image : R. Riddihough

avait étudié à Toronto avec J. Tuzo Wilson à la fin des années 1940 et avait participé à des levés aéromagnétiques pendant plusieurs années.

À la suite des idées de Robert Dietz au sujet de l'expansion océanique et se fondant sur sa propre connaissance du magnétisme des roches (en particulier des inversions périodiques possibles du champ magnétique de la Terre), Morley a conçu cette explication simple, mais combien saugrenue: à mesure que de la nouvelle matière remonte et se solidifie le long d'une dorsale linéaire en expansion, elle se magnétise. Si le champ s'inverse (par exemple à des intervalles de 500 000 ans), la bande suivante de matière doit être

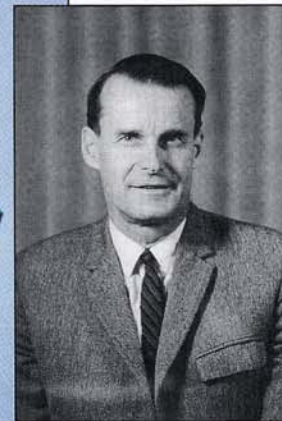
500 000 year intervals), the next strip of material would be magnetized in the opposite direction. If this happened continuously over many millions of years, a series of parallel stripes would be created.

Morley submitted his idea to the scientific journal *Nature* in early 1963. His paper was rejected. However, the same idea was published by the same journal in September 1963 in a paper by Fred Vine and Drummond Matthews of Cambridge, England. The question of why one paper was published and the other was not has never been clearly answered.

Strangely, it was another two years before the hypothesis was applied again to the

magnetic stripes off Canada's west coast. Canadian J. Tuzo Wilson was in Cambridge in 1965 with Drummond Matthews, Fred Vine and others. Out of their discussions he came up with a revolutionary explanation of the faults cutting the magnetic stripes. He called these 'transform' faults. He also pointed out something that everyone had missed — there was a clear symmetry in the magnetic stripes which corresponded to the two sides of a spreading ridge. He named the ridge off Canada's west coast the Juan de Fuca Ridge.

Today the Juan de Fuca Ridge is one of the most studied ocean ridges on the globe. The northeast Pacific Ocean has been recognized as an area containing almost all aspects of plate movements from creation to destruction, from black smokers to volcanoes. It provides Canadian geoscientists with a laboratory which puts them at the leading edge of world ideas.



Larry Morley, Chief of the GSC's Geophysics Division, 1957-1969.

Larry Morley, chef de la Division de géophysique de la CGC, 1957 à 1969.

trouvait à Cambridge en 1965 avec Drummond

Matthews, Fred Vine et d'autres. De leurs discussions est ressortie une explication révolutionnaire des failles recoupant les bandes magnétiques. Il les a appelées failles «transformantes». Il a également souligné un fait jusque là inaperçu - les bandes magnétiques étaient nettement symétriques de part et d'autre de la dorsale en expansion. Il nomma dorsale Juan de Fuca la crête au large de la côte ouest du Canada.

De nos jours, la dorsale Juan de Fuca est l'une des dorsales océaniques les plus étudiées du globe. Il a été reconnu que le nord-ouest de l'océan Pacifique est une région qui présente presque tous les aspects des déplacements de plaques depuis leur création jusqu'à leur destruction, des fumerolles noires aux volcans. Cette région offre aux scientifiques canadiens un laboratoire qui leur permet d'avancer les concepts et d'élaborer les théories les plus d'avant-garde sur la géologie des fonds marins.

magnétisée dans la direction opposée. Le phénomène se répétant continuellement pendant plusieurs millions d'années produirait une succession de bandes parallèles.

Morley présentait son idée au périodique scientifique *Nature* au début de 1963. Sa communication fut rejetée. Toutefois, la même idée fut retenue et publiée dans le même périodique en septembre 1963 lorsque présentée dans une communication de Fred Vine et Drummond Matthews de Cambridge en Angleterre. Il n'a jamais été clairement établi pourquoi l'une des communications a été publiée et l'autre non.

Il est étrange de constater que l'hypothèse n'a de nouveau été appliquée aux bandes magnétiques au large de la côte occidentale du Canada que deux ans plus tard. Le canadien J. Tuzo Wilson se

GIANT IMPACTS: CONSEQUENCES FOR BIOLOGICAL EXTINCTIONS, GLOBAL ENVIRONMENTS AND ORE FORMATION

by Wayne Goodfellow

For more than 4.5 billion years, the earth has been bombarded by extraterrestrial objects of variable size, composition and frequency of arrival. A multidisciplinary effort involving geophysicists, paleontologists, sedimentologists, analytical chemists and geochemists has made the GSC a world leader in studying the effects of meteorite impacts on terrestrial processes.

Over the past 600 million years, scientists estimate that bodies of 5-km-diameter or more hit Earth about once every 10 000 years. They estimate that the energy released from a 10-km-diameter asteroid, travelling at high speed, that lands in an ocean 5 km deep, is more powerful than any terrestrial process, such as volcanism, glaciation, sea level changes, earthquake activity or seafloor spreading.

CONSÉQUENCES DES IMPACTS GIGANTESQUES : EXTINCTIONS BIOLOGIQUES, CHANGEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT MONDIAL ET FORMATION DE MINÉRAIS

par Wayne Goodfellow

Pendant plus de 4,5 milliards d'années, la Terre a été bombardée d'objets extraterrestres de dimensions et de compositions variables dont la fréquence d'arrivée était

Because of the massive amount of energy released, a major impact would have catastrophic global consequences for the atmosphere, hydrosphere and biosphere. A large, heated mass of low-density air with peak temperatures of 20 000 Kelvin would

form adjacent to Earth's surface and cause wildfires. Tsunamis as high as the ocean is deep would scour the seafloor, rework sediment, form tsunami deposits and destroy the habitat of organisms, particularly those in shallow-water shelf environments.



Image LANDSAT de la structure d'impact météoritique de Manicouagan au Québec septentrional. Les structures d'impacts sont caractérisées par des dépressions circulaires avec une bordure extérieure et une partie centrale soulevées. Des roches formées après refroidissement de produits fondus lors de l'impact sont couramment mises à nu dans l'anneau extérieur. Photo: Centre canadien de télédétection.

également variable. Un effort pluridisciplinaire de la part de géophysiciens, de paléontologues, de sédimentologues, de chimistes spécialisés en analyse et de géochimistes a fait de la CGC un organisme de premier plan au niveau mondial dans l'étude des effets des impacts météoritiques sur les processus terrestres.

Les scientifiques estiment qu'au cours des dernières 600 millions d'années des corps d'un diamètre supérieur à 5km ont frappé la Terre environ à tous les 10 000 ans. Ils estiment également que l'énergie libérée lors de la chute d'un astéroïde d'un diamètre de 10km se déplaçant à haute vitesse dans un océan par une profondeur

Earthquakes measuring 12.4 on the Richter scale would produce enough

LANDSAT image of the Manicouagan meteorite impact structure, northern Quebec. Impact structures are characterized by circular depressions with an uplifted outer rim and central core. Melt-rock formed from the cooling of melt generated by impact is commonly exposed in the outer rim. Image: Canada Centre for Remote Sensing

de 5km est supérieure à l'énergie libérée par tout processus terrestre, comme le volcanisme, les glaciations, les variations du niveau des mers, l'activité sismique ou l'expansion des fonds marins.

En raison des quantités énormes d'énergie libérées, un impact majeur aurait des conséquences catastrophiques à l'échelle du globe pour l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Une grande masse d'air chauffé de faible densité, dont les températures de pointe seraient de l'ordre de 20000 degrés Kelvin, se formerait près de la surface de la Terre pour engendrer des tempêtes de feu. Dans le cas des impacts dans les océans, des tsunamis d'une hauteur égale à la profondeur des océans affouilleraient le fond marin, remanieraient les sédiments, formeraient des dépôts de tsunamis et détruiraient l'habitat des organismes, en particulier les milieux à faible profondeur sur les plates-formes continentales.

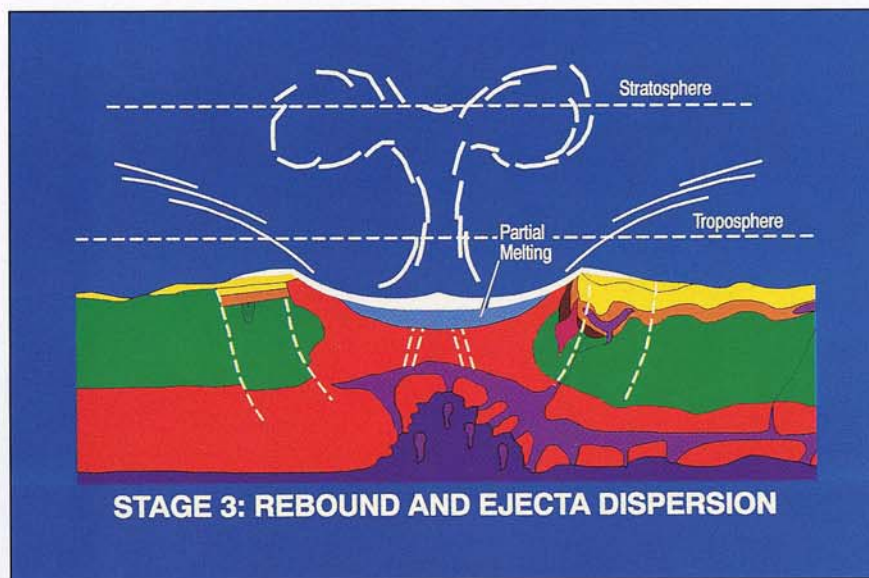
Des séismes mesurant 12,4 à l'échelle de Richter dégageraient suffisamment d'énergie pour mettre en mouvement des biseaux sédimentaires le long des marges continentales, déclenchant ainsi ou accélérant l'activité volcanique et

energy to release sedimentary prisms along continental margins and initiate or accelerate volcanism and hydrothermal activity. Shock heating of the atmosphere would form nitrogen compounds that cause acid rain, inhibit photosynthesis and deplete the ozone layer.

Because many of these effects are similar to the effects of man-made pollution, scientists study meteorite impacts to attempt to understand the influence of ozone depletion or acid rain on life-sustaining ecosystems over periods of thousands of years. This helps determine the capacity of the natural system to withstand the effects of human activity and pollution, and the rate of recovery from major environmental damage.

Schematic cross-section of an impact structure showing the excavated crater, outer rim and distribution of ejecta lofted to heights up to 100 km above Earth's surface.

Coupe schématique d'une structure d'impact montrant le cratère creusé, l'anneau extérieur et la répartition des projections souvent soulevées à des altitudes atteignant jusqu'à cent kilomètres au-dessus de la surface de la Terre.



hydrothermale. Le réchauffement instantané de l'atmosphère entraînerait la formation de composés azotés qui produiraient des pluies acides, inhiberaient la photosynthèse et épuiserait la couche d'ozone.

Puisqu'un grand nombre des effets seraient similaires à ceux causés par la pollution d'origine anthropique, les scientifiques étudiant les impacts météoritiques tentent de comprendre l'influence de l'épuisement de la couche d'ozone ou des pluies acides sur les écosystèmes supportant la vie après des intervalles de milliers d'années. Ces travaux aident à déterminer l'aptitude des systèmes naturels à résister aux effets de l'activité humaine et de la pollution ainsi que les taux de récupération après des dommages majeurs causés à l'environnement.

Jusqu'à 80% de toute vie pourrait être supprimée suite à un impact

Up to 80 per cent of all life would die off as a result of a meteorite impact. This is because 10 to 20 per cent of ejecta dust and vaporized asteroid from the impact would remain suspended in the atmosphere long enough to circle the globe, block out sunlight, cool Earth's surface and disrupt the food chain. Many researchers believe that a major meteorite impact 65 million years ago wiped out the dinosaurs and killed off about 80 per cent of all living organisms. The biological record is punctuated with mass extinctions after each major bombardment. Rapid evolution of new life forms filled ecological niches after each extinction.

Meteorite impacts have also led to the formation of economically important

mineral deposits. Magmas formed by crustal melting during impact cause volcanism, hydrothermal activity and the formation of magmatic, hydrothermal and sedimentary mineral deposits. The large nickel-copper-platinum and zinc-copper-silver deposits at Sudbury, Ontario, are examples of magmatic and hydrothermal deposits that appear to be generated by meteorite impacts. The Late Devonian NICK platinoid element deposit in the Yukon probably formed from the disintegration of a meteorite during impact and the raining of chondritic material to the seafloor.

Because of recent work at the GSC and elsewhere, geologists are beginning to look to the cosmos for answers to questions of earth evolution. The effect of impacts on Earth history is only beginning to be appreciated, initially in isolation with respect to the local effects of impacts, and more recently as they affect biological evolution and extinction, global climates and ore formation.

fonte de la croûte terrestre lors des impacts engendrent une activité volcanique et hydrothermale ainsi que la formation de gisements minéraux magmatiques, hydrothermaux et sédimentaires. Les grands gisements de nickel, cuivre

météoritique. Il en est ainsi parce que de 10 à 20% des poussières éjectées et de l'astéroïde vaporisé à l'impact resteraient en suspension dans l'atmosphère assez longtemps pour faire le tour du globe et bloquer la lumière solaire, ce qui refroidirait la surface de la Terre et perturberait la chaîne alimentaire. Un grand nombre de chercheurs pensent qu'un impact météoritique majeur a causé la disparition des dinosaures et d'environ 80 % de tous les organismes vivants il y a 65 millions d'années. L'enregistrement biologique est ponctué d'extinctions massives à la suite de chaque bombardement majeur. Une évolution rapide de nouvelles formes de vie vient combler les niches écologiques à la suite de chaque extinction.

Les impacts météoritiques ont également entraîné la formation de gisements de minéraux importants sur le plan économique. Les magmas formés par la

et platine ainsi que de zinc, cuivre et argent de Sudbury (Ontario) sont des exemples de gisements magmatiques et hydrothermaux qui semblent avoir été engendrés par des impacts météoritiques. Le gisement NICK d'éléments platinoïdes du Dévonien tardif au Yukon s'est probablement formé suite à la désintégration d'une météorite à l'impact et à une pluie de matériaux chondritiques sur le fond marin.

En raison de travaux récents menés à la CGC et ailleurs, les géologues commencent à se tourner vers le cosmos à la recherche de réponses à des énigmes de l'évolution de la Terre. L'on commence à peine à apprécier l'effet des impacts météoritiques dans l'histoire du globe, ce qui s'est effectué initialement de manière isolée par l'étude d'effets locaux d'impacts puis, plus récemment, de manière plus globale par l'examen de leur influence sur l'évolution et les extinctions biologiques, sur le climat de la planète et sur la formation des minerais.

ECONOMIC GEOLOGY: Discovering Canada's Mineral Wealth

by Murray Duke

One of the GSC's principal objectives is to assess the country's mineral resource potential and to facilitate mineral exploration. Mineral resource assessment and exploration require two kinds of knowledge. The first is information about the regional geology which is compiled in geological maps and reports pertaining to the area of interest. The second is an understanding of the attributes of mineral deposits such as their typical size, shape, host rocks, controlling structures, age, alteration and so on.

GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE : Découvrir les richesses minérales du Canada

par Murray Duke

Un des volets majeurs du mandat de la CGC est d'évaluer les ressources minérales potentielles du pays et d'en faciliter la recherche. Les connaissances nécessaires à l'évaluation et à la recherche des ressources minérales sont de deux ordres. Premièrement, on obtient de l'information sur la géologie régionale, que l'on organise ensuite sous forme de cartes et de rapports géologiques pour chaque région d'intérêt. Deuxièmement, on étudie les attributs des

When the GSC was founded 150 years ago by Sir William Logan, coal was the mineral commodity of most interest. Although Logan and his colleague, Alexander Murray, were unsuccessful in their search for commercial coal deposits in the Province of Canada (now the southern parts of Ontario and Quebec), they recognized the potential for metallic ores in the Precambrian Shield and the Appalachian fold belt of southern Quebec. Logan's work led directly to the discovery of copper deposits, the basis of the Province's first major mining development.

From the beginning, GSC geologists realized that an understanding of mineral

deposit origins is an essential component of successful exploration. The Sudbury basin copper-nickel deposits, discovered during the building of the transcontinental railroad in 1883, are an example. Alfred Barlow, working in Sudbury from 1887-90 and again in 1901-02, recognized not only that the ores were formed primarily by igneous processes but also that secondary remobilization had been locally important. This hypothesis has profoundly influenced exploration of the Sudbury structure ever since.

Structural studies of gold-bearing veins across Canada are an important GSC research target.



gîtes minéraux, comme leurs dimensions caractéristiques, leur forme, la roche encaissante, les structures qui en contrôlent la formation, l'âge, l'altération, et ainsi de suite.

À l'époque de la fondation de la CGC par Sir William Logan, il y a 150 ans, le charbon était sans doute le minéral le plus recherché. Si Sir Logan et son collègue, Alexander Murray, n'ont pas réussi à trouver des gisements de charbon commerciaux dans la Province du Canada (qui correspondait à la partie méridionale de l'Ontario et du Québec), ils ont par contre reconnu les possibilités d'existence de minerais métallifères dans le bouclier précambrien et dans la zone de plissement appalachienne, dans le sud du Québec. Les travaux de Logan ont conduit directement à la découverte de gisements de cuivre, ce dont allait bientôt résulter la première exploitation minière majeure de la province.

L'étude structurale des veines aurifères au Canada est au nombre des principaux volets de la recherche qui se fait à la CGC.

Dès le début, les géologues de la CGC se sont rendus compte que le succès des travaux d'exploration dépendait de l'information disponible sur l'origine des gîtes minéraux. Les gisements de cuivre-nickel du bassin de Sudbury, découverts durant la construction du chemin de fer transcontinental en 1883, en sont un exemple. Alfred Barlow, qui a travaillé à Sudbury de 1887 à 1890 et à nouveau en 1901-1902, a reconnu non seulement que la formation des minerais tenait principalement à des processus ignés, mais aussi que le phénomène de la remobilisation secondaire avait aussi été, localement, un facteur important. Cette hypothèse a eu depuis une profonde influence sur l'exploration de la structure de Sudbury.

In the Survey's first century, mineral deposit studies were an integral part of the geological mapping program. Indeed, during much of this period, mapping was directed specifically at elucidating the problems of important mining districts. The work of Morley Wilson in Noranda and Alfred Jolliffe in Yellowknife are two examples from a long list of noteworthy contributions.

After World War II, units specializing in economic geology, geochemistry and geophysics emerged within the GSC. Mineral deposits studies benefitted from a better understanding of physical and

chemical processes as exemplified by Stuart Roscoe's model for the origin of uraniferous conglomerates at Elliot Lake and the monumental study of iron deposits in Canada by Gordon Gross.

Today, geologists are making major advances towards understanding the relationship of gold ore to geological structure. While it was well known that faulting creates zones of weakness where veins are deposited by gold-bearing fluids, GSC research has demonstrated that fault processes also play an active role in fluid emplacement.

Base metal deposits are a major target of current research. Teams of GSC economic geologists are studying the world-class deposits at Bathurst, New Brunswick, Kidd Creek, Ontario and Sullivan, British Columbia, to ensure that these are well documented before their reserves are exhausted and to stimulate exploration which could lead to new discoveries.

An exciting new development in the GSC's quest for ever-better mineral deposit models comes from the opportunity to study at least some ore-forming processes in 'real time.' As a result of surveys initiated in 1984, massive base metal sulphide deposits were discovered on the Juan de Fuca Ridge off Canada's west coast. This area is still hydrothermally active, meaning that it may be possible to sample the fluids which transported and deposited the copper, zinc, iron and other ore metals. In effect, GSC scientists are witnessing the birth of mineral deposits on the seafloor. The application of this first-hand information from the seabed to ancient deposits found on land can lead to more effective exploration efforts.



Roast yard of the Canadian Copper Co., Copper Cliff near Sudbury, Ontario, around 1890.

Cour de grillage de la Canadian Copper Co., à Copper Cliff, près de Sudbury, en Ontario, autour de 1890.

Durant le premier siècle d'activités de la Commission, l'étude des gîtes minéraux, la métallogénie, faisait partie intégrante du programme de cartographie géologique. En fait, pendant une grande partie de cette période, les travaux de cartographie ont visé expressément à résoudre les problèmes qui se posaient dans les districts miniers importants. Les études de Morley Wilson à Noranda et celles d'Alfred Jolliffe à Yellowknife sont deux exemples puisés parmi une longue liste de contributions remarquables.

Après la Seconde Guerre mondiale, des groupes spécialisés en géologie économique, en géochimie et en géophysique se sont constitués au sein de la CGC. Les études métallogéniques sont facilitées par une meilleure connaissance des processus physiques et chimiques, comme en témoignent le modèle de Stuart Roscoe qui rend compte de l'origine des conglomérats uranifères d'Elliot Lake et l'étude monumentale de Gordon Gross sur les gisements de fer du Canada.

De nos jours, les géologues font énormément progresser les connaissances sur les relations entre minéralisations aurifères et structures géologiques. C'est un fait bien connu que le processus de la formation des failles crée des zones de faiblesse où les fluides aurifères vont déposer des veines. Or, les recherches de la CGC ont démontré que les processus liés aux failles jouent également un rôle actif dans la mise en place des fluides.

Les gisements de métaux communs sont une cible majeure des recherches actuelles. Des équipes de chercheurs de la CGC spécialisés en géologie économique étudient actuellement les gros gisements de Bathurst (Nouveau-Brunswick), de Kidd Creek (Ontario) et de Sullivan (Colombie-Britannique), pour en extraire le maximum d'informations avant que les réserves n'en soient épuisées et pour stimuler l'exploration en vue de découvrir de nouveaux gisements.

Cherchant constamment à améliorer les modèles qui rendent compte de la formation des gîtes minéraux, les scientifiques de la CGC ont maintenant la possibilité d'étudier au moins certains processus minéralisateurs «en temps réel», ce qui leur ouvre des perspectives tout à fait excitantes. Par suite de levés commencés en 1984, on a découvert des gisements de sulfures massifs métallifères sur la dorsale Juan de Fuca, au large de la côte Ouest du Canada. Cette région étant encore le siège d'une activité hydrothermique, il est possible d'y prélever des échantillons des fluides qui ont transporté et déposé le cuivre, le zinc, le fer et d'autres métaux. En fait, les scientifiques de la CGC peuvent être témoins de la naissance d'un gîte minéral sur le fond marin. L'application de ces données issues de l'observation directe aux paléogisements découverts sur la terre ferme serait de nature à rendre les travaux d'exploration encore plus efficaces.

GEOCHEMICAL EXPLORATION RESEARCH AT THE GSC: 40 Years of Progress

by Robert Boyle with Bill Coker and
Gwendy Hall

Geochemical exploration employs geochemical and biogeochemical principles and data to search for economic deposits of minerals, petroleum and natural gases.

Geochemical exploration was initiated at the GSC in 1949 by Dr. Robert Boyle who carried out surveys of the rocks, soils and stream sediments in the Yellowknife gold belt, N.W.T., and in the Keno Hill and Galena Hill lead-zinc-silver areas of the Yukon. These surveys demonstrated that geochemical exploration was feasible in permafrosted terrains. Exploration companies in the Yukon immediately adopted Boyle's methods, and several prospects were discovered, two of which were developed into mines.

Subsequent regional geochemical surveys in Nova Scotia and New Brunswick in the late 1950s emphasized the use of stream

sediments and stream and spring waters as sampling media. The resulting geochemical maps pointed out numerous heavy metal anomalies that were investigated by the mining industry. A mobile geochemical laboratory for colorimetric analysis, and mobile spectrographic and sample preparation laboratories for all types of geochemical and biogeochemical surveys, were developed during this period.

During the 1960s, the GSC's geochemical exploration work focused on regional multi-element geochemical surveys for some 15 elements of economic interest, and the utilization of stream sediments, stream and spring waters, heavy minerals, and rocks for samples. In 1964, under the supervision of Dr. Chris Gleeson, the GSC carried out its first helicopter-supported multi-element survey over the Keno Hill area in the Yukon. This, and a multi-element survey in New Brunswick the following year, revealed a large number of heavy metal anomalies, some associated with prospects.

To assist in the display and interpretation of the extensive field surveys, Dr. Robert Garrett designed a suite of special computer programs in 1965. These, supplemented by continuing research, are used by both government and private mining companies for geochemical exploration.

Contract personnel, under supervision of Y.T. Maurice, carry out dredging as part of the heavy mineral survey in Quebec's Eastern Townships. Photo: P.W.B. Friske



Sous la surveillance de Y.T. Maurice, des contractuels exécutent des travaux de dragage dans le cadre d'un levé de minéraux lourds dans la région de l'Estrie, au Québec. Photo : P.W.B. Friske

LES RECHERCHES EN EXPLORATION GÉOCHIMIQUE À LA CGC :

40 ans d'évolution

par Robert Boyle, avec la collaboration
de Bill Coker et de Gwendy Hall

L'exploration géochimique fait appel à des données et à des principes de géochimie et de biogéochimie en vue de repérer des gisements de minéraux, de pétrole et de gaz naturel dont l'exploitation serait rentable.

C'est en 1949 que Robert Boyle a utilisé cette technique d'exploration pour la première fois à la CGC. À ce moment, le chercheur étudiait les roches, les sols et les sédiments fluviaux qui se trouvaient dans la zone aurifère de Yellowknife (T. N.-O.) ainsi que dans les régions de Keno Hill et

de Galena Hill (Yukon), où on retrouve du plomb, de l'argent et du zinc. Ses travaux lui ont permis de constater qu'il était possible d'appliquer la technique d'exploration géochimique dans des secteurs où le sol était gelé en permanence. Les compagnies d'exploration du Yukon n'ont donc pas tardé à adopter les méthodes de M. Boyle, ce qui leur a permis de découvrir plusieurs zones d'intérêt. Deux d'entre elles ont même été mises en exploitation.

Des études géochimiques ont ensuite été réalisées à la fin des années 1950, dans diverses régions de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick. Dans le cadre de ces recherches, on a mis l'accent sur l'utilisation de sédiments fluviaux et d'eau provenant de ruisseaux et de sources comme milieu d'échantillonnage. Les cartes géochimiques préparées à partir des données recueillies ont révélé de nombreuses anomalies de métaux lourds; ces anomalies ont bien entendu été étudiées par les industries minières. Au cours de cette période, on a en outre mis au point un laboratoire géochimique mobile destiné aux analyses colorimétriques et des laboratoires mobiles de préparation d'échantillons et de spectrographie pour tous les types d'études géochimiques et biogéochimiques.

Au cours des années 1960, la CGC a poursuivi ses travaux d'exploration géochimique en s'attardant particulièrement à des études géochimiques multi-éléments portant sur une quinzaine d'éléments présentant un intérêt économique. Les chercheurs ont aussi étudié l'utilisation de sédiments fluviaux, d'eau provenant de sources et de ruisseaux, de minéraux lourds et de roches comme milieu d'échantillonnage. Puis, en 1964, la Commission a réalisé ses premières études multi-éléments hélicoptérées dans la région de Keno Hill, au Yukon. Ces opérations, qui ont été effectuées sous la supervision de

In the late 1960s and early 1970s, GSC scientists extensively researched the feasibility of biogeochemical prospecting methods. Surveys in the cobalt-silver area of Ontario led to data compilation on both gold and silver and methods particularly adapted to their discovery. These included investigations of indicator elements and trials of rock, soil, stream sediment and heavy mineral (panning) methods. Results

GSC is still using time-honoured methods of geochemical prospecting. Photo: Y.T. Maurice



La CGC utilise encore des méthodes traditionnelles de prospection géochimique. Photo : Y.T. Maurice

Chris Gleeson, ainsi que des études du même genre réalisées l'année suivante au Nouveau-Brunswick ont permis aux chercheurs de découvrir de nombreuses anomalies de métaux lourds. Quelques-unes de ces anomalies ont d'ailleurs été associées à des zones d'intérêt.

En 1965, Robert Garrett a conçu une série de programmes informatiques en vue de faciliter la visualisation et l'interprétation des données recueillies au cours de vastes études sur le terrain. Ces programmes, que la CGC continue de perfectionner, sont utilisés par le gouvernement et les compagnies minières dans le cadre de travaux d'exploration géochimique.

À partir de la fin des années 60 jusqu'au début des années 70, des scientifiques de la CGC ont mené d'importantes recherches sur l'application des méthodes d'exploration biogéochimiques. Des études effectuées dans la région ontarienne de cobalt et d'argent ont permis de compiler des données sur l'or et l'argent et d'expérimenter des méthodes convenant particulièrement à ce type d'exploration. On a notamment tenté de trouver des éléments indicateurs, et on a réalisé des essais relatifs aux roches, au sol, aux sédiments fluviaux et aux minéraux lourds (batée). Les résultats des travaux ont été publiés dans deux bulletins qui ont par la

suite servi de guides aux prospecteurs canadiens et étrangers.

Les années 1970 ont donné lieu à une augmentation marquée de la recherche d'uranium au pays. Les prospecteurs ont alors réalisé des analyses de roches, de sol, de sédiments de drainage, de végétation et de savanes (fondrières) en vue de repérer des gisements d'uranium dans le Bouclier canadien. Au cours de la même période, William Dyck a aussi fait d'importantes études sur la présence de radon. En 1972, Don Hornbrook a commencé à utiliser, comme milieu d'échantillonnage, des sédiments recueillis au fond de certains lacs de Terre-Neuve et du Bouclier canadien. Cette méthode se prête particulièrement bien à l'évaluation du potentiel minéral de grands secteurs du Bouclier, car cette région compte de nombreux lacs.

Grâce au perfectionnement des techniques d'analyse, on a pu réaliser de grands progrès dans le domaine de l'exploration géochimique. C'est ainsi que les laboratoires de géochimie de la CGC, qui étaient dirigés par John Lynch, ont rapidement tiré profit de la spectrométrie par absorption atomique lorsque cette technique est apparue dans les années 1960. De la même façon, grâce à l'initiative de Gwendy Hall, la capacité d'analyse s'est

accrue considérablement lorsqu'on a introduit la spectrométrie d'émission de plasma induit par haute fréquence et, plus récemment, la spectrométrie de masse de plasma introduit par haute fréquence.

Today, the GSC is still actively involved in geochemical exploration research, through such initiatives as the National Geochemical Reconnaissance (NGR) program. Begun in 1973, it aims to establish and maintain a nationally consistent geochemical drainage (lake and stream sediment and water) database. As of 1990, more than 200 systematic surveys had been completed to NGR standards, representing 180 000 sites, covering about 2.1 million km² throughout Canada.

La CGC joue encore aujourd'hui un rôle actif dans la recherche en exploration géochimique, notamment au moyen d'initiatives comme le Programme d'exploration géochimique préliminaire. Mis sur pied en 1973, ce Programme vise à établir et à conserver à l'échelle nationale une base de données homogènes sur le drainage géochimique (lacs, eaux de ruisseaux et sédiments fluviaux). Depuis 1990, plus de 200 levés systématiques ont été effectués, conformément aux normes du Programme, dans 180 000 sites du Canada; le territoire étudié représente environ 2,1 millions de km².

Samplage d'une source sulfurée près de Kraus Hotspring, east of First Canyon on South Nahanni River, N.W.T. Photo: S. Hamilton



Prélèvement d'échantillons à une source sulfurée près de Kraus Hotspring, à l'est du First Canyon, sur la rivière South Nahanni, dans les Territoires du Nord-Ouest. Photo : S. Hamilton

accrue considérablement lorsqu'on a introduit la spectrométrie d'émission de plasma induit par haute fréquence et, plus récemment, la spectrométrie de masse de plasma introduit par haute fréquence.

La CGC joue encore aujourd'hui un rôle actif dans la recherche en exploration géochimique, notamment au moyen d'initiatives comme le Programme d'exploration géochimique préliminaire. Mis sur pied en 1973, ce Programme vise à établir et à conserver à l'échelle nationale une base de données homogènes sur le drainage géochimique (lacs, eaux de ruisseaux et sédiments fluviaux). Depuis 1990, plus de 200 levés systématiques ont été effectués, conformément aux normes du Programme, dans 180 000 sites du Canada; le territoire étudié représente environ 2,1 millions de km².

INNOVATIONS

The GSC is not only responsible for developing key concepts to help advance the geological sciences, it also plays a major role in adopting or adapting equipment and tools to help geologists in their research.

In some cases, Canada's world leadership in certain fields can trace its roots back to innovations made at the GSC. Other innovations, while not directly advancing geology, were vital to permitting developments in the science to take place.

INNOVATIONS

En plus de son mandat relatif à l'élaboration de théories fondamentales pouvant favoriser l'avancement des sciences de la Terre, la CGC joue un rôle de premier plan pour ce qui est d'adopter et d'adapter outils et équipement conçus pour aider les géologues à poursuivre leurs recherches.

Dans certains cas, le leadership qu'exerce le Canada sur la scène internationale trouve sa source dans certaines réalisations novatrices de la CGC. Par ailleurs, d'autres innovations de la Commission, qui n'ont pas apporté une contribution directe à la géologie, ont quand même été essentielles au développement de la science.

INNOVATIONS IN LABORATORY TECHNIQUES

by Gina Le Cheminant

A primary objective of the research carried out in the GSC's mineralogy and chemistry laboratories is to develop new and innovative ways to analyze geological materials.

The challenges are many: to unravel complex matrix effects due to the great variety of rocks, soils, sediments, waters and mineralized material that are studied; to determine greater numbers of elements; and to analyze at the lower limits of detection. These challenges are met by incorporating new analytical technology into the laboratories, and by continuing research to improve methods of sample preparation, dissolution and instrumental analysis.

The GSC was one of the first Canadian laboratories to apply electron microprobe x-ray analysis to mineral chemistry. The microprobe continues to be the basic tool for analyzing mineral grains for major and minor elements. Through programs

developed in-house, microprobe analyses are readily recalculated into mineral formulas to assist geological interpretation of results.

Chemical techniques have also adapted to the changing needs of geological research at the GSC. Analysis is increasingly automated and based on instrumentation. X-ray fluorescence spectrometry is used routinely for analyzing solid samples, using matrix-correction software developed at the GSC to translate raw data into chemical analyses of the entire rock.

One of the first commercially produced Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometers was installed in the geochemistry laboratories to do ultra-trace elemental and isotopic analysis of samples. This capability is especially important for analyzing waters for geochemical and environmental programs.

A 'flow-injection' sample introduction device was developed to introduce

INNOVATIONS DANS LES TECHNIQUES DE LABORATOIRE

par Gina Le Cheminant

Un des grands objectifs de la recherche menée aux laboratoires de minéralogie et de chimie de la CGC est de trouver de nouveaux moyens, novateurs, d'analyser les matériaux géologiques.

Les défis sont nombreux: découvrir les effets matriciels complexes dus à la grande diversité des roches, des sols, des sédiments, des eaux et des matériaux minéralisés qui sont étudiés; doser un plus grand nombre d'éléments; et mener les analyses aux seuils minimum de détection. Ces défis sont relevés par l'adoption de nouvelles techniques d'analyse dans les laboratoires et par la poursuite de recherches visant à améliorer les méthodes de préparation, de dissolution et d'analyse instrumentale des échantillons.

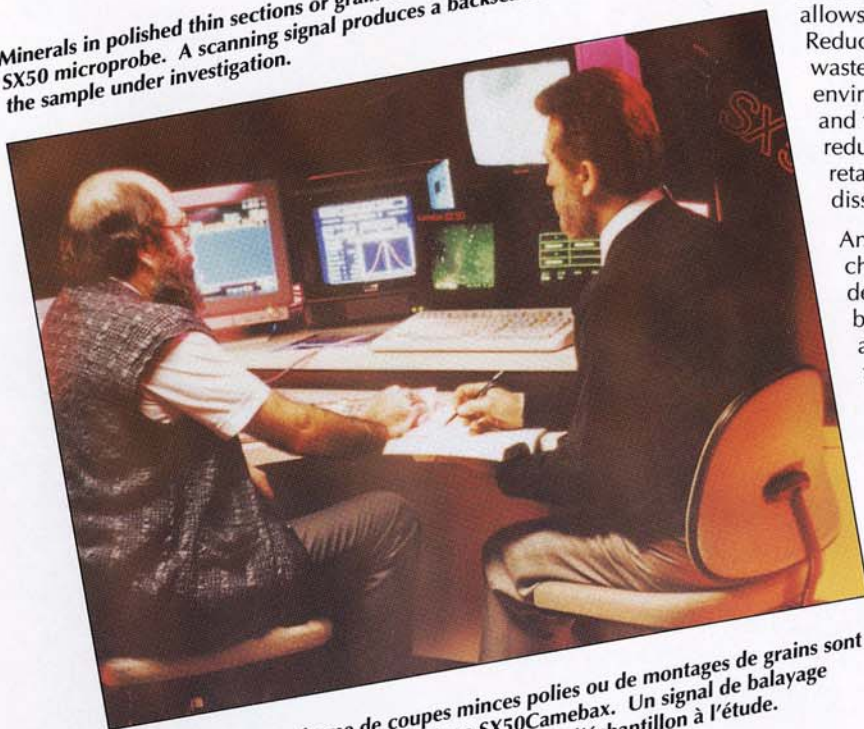
La CGC a été l'un des premiers laboratoires canadiens à appliquer l'analyse des rayons X par microsonde électronique à la chimie minérale. La microsonde électronique

continue d'être l'outil fondamental d'analyse des éléments principaux et secondaires dans les grains des minéraux. Dans des programmes mis au point à la CGC, les analyses par microsonde électronique sont immédiatement transposées dans des formules minérales pour faciliter l'interprétation géologique des résultats.

Des techniques chimiques ont aussi été adaptées, à la CGC, à l'évolution de la recherche en géologie. L'analyse est de plus en plus automatisée et instrumentée. La spectrométrie de fluorescence X est utilisée couramment dans l'analyse des échantillons solides, s'appuyant sur le logiciel de correction matricielle élaboré à la CGC pour transposer les données brutes dans des analyses chimiques de la roche entière.

Une des premières versions commerciales du spectromètre de masse au plasma ICP a été installée aux laboratoires de géochimie pour relever le défi du dosage des éléments et des isotopes à l'état d'ultra-traces dans

Minerals in polished thin sections or grain mounts are analyzed on a Camebax SX50 microprobe. A scanning signal produces a backscattered electron image of the sample under investigation.



Des minéraux sous forme de coupes minces polies ou de montages de grains sont analysés à la microsonde électronique SX50 Camebax. Un signal de balayage produit une image électronique rétrodiffusée de l'échantillon à l'étude.

les échantillons. Ce dosage est très important pour l'analyse des eaux dans les programmes géochimiques et environnementaux.

Un «injecteur» d'échantillons en solution a été mis au point pour introduire des quantités connues d'échantillons dans un spectromètre d'absorption atomique modifié pour analyser les éléments qui forment des hydrides. Cette technique consomme moins de gaz vecteur et permet aux chercheurs d'analyser de petits volumes d'échantillons. En utilisant moins d'acides pour dissoudre les poudres de roche, on diminue la quantité de déchets et donc les coûts de préparation, tout en gardant le milieu de travail plus propre et plus sécuritaire. Les enquêtes cherchant à améliorer l'instrumentation ainsi que les techniques qui visent l'analyse directe d'échantillons sous forme de solide, permettent la réduction de la quantité d'acides utilisés dans la préparation de ces échantillons tout en retenant sur ces derniers de l'information qui pourrait être perdue lors de la dissolution.

Le dosage des anions dans des échantillons de matière solide par chromatographie ionique fait intervenir des techniques de pyrohydrolyse mises au point à la CGC. Les parasites matriciels dans les eaux, les saumures et les solides dissous sont

grandement atténués par l'échange automatisé des ions qui sépare les espèces présentes dans l'échantillon.

La recherche effectuée dans les laboratoires de la CGC a débouché sur des méthodes uniques, élaborées spécialement pour l'analyse des matériaux géologiques. Au cours des années, nombre des nouvelles techniques analytiques, logiciels et ajustements conceptuels ont été transférés à des laboratoires commerciaux et à des fabricants d'instruments, directement ou par voie de publications.

Le défi consistant à raffiner les méthodes d'analyse actuelles et à en élaborer de nouvelles continuera d'être relevé, de sorte

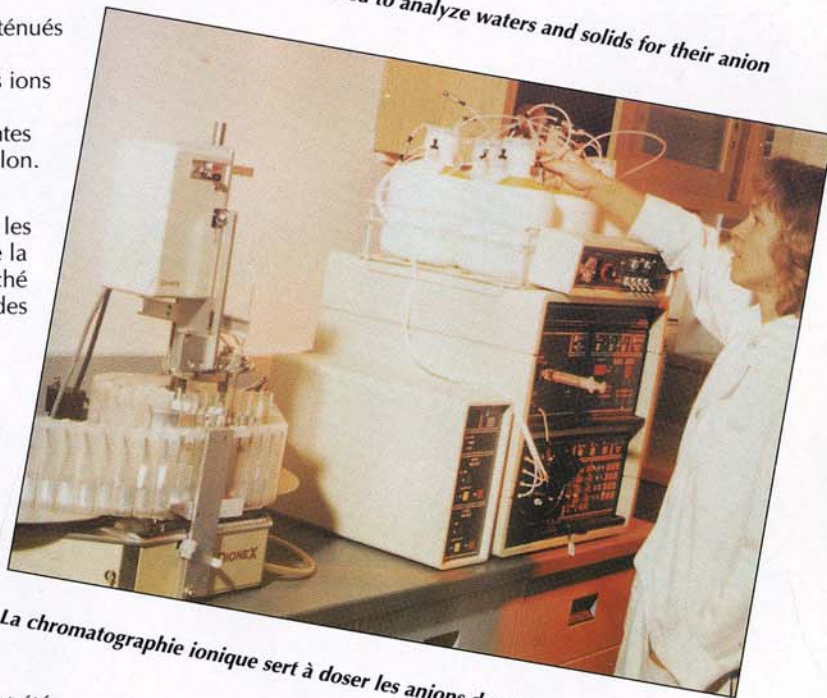
controlled amounts of sample into a modified atomic absorption spectrometer to analyze hydride-forming elements. This technique uses fewer carrier gases, and allows researchers to analyze small volumes of sample. Reducing the use of acids to digest rock powders lowers waste and cost while providing a cleaner and safer work environment. Research on improving instrument design and techniques to allow direct analysis of solids further reduces the use of acids for sample preparation while retaining sample information that could be lost in dissolution.

Analysis of solid samples for anions by ion chromatography uses pyrohydrolysis techniques developed at the GSC. Matrix interferences in waters, brines and dissolved solids are greatly reduced by automated ion exchange to separate species present in the sample.

Research carried out in GSC laboratories has developed unique methods specifically for analyzing geological materials. Over the years, many of the new analytical techniques, software programs, and design modifications have been transferred to commercial laboratories and instrument manufacturers, directly or through published reports.

The challenge to refine existing analytical methods and to develop new ones will continue so that the GSC can meet the needs of the future.

Ion chromatography is used to analyze waters and solids for their anion content.



La chromatographie ionique sert à doser les anions dans les eaux et les solides.

que la CGC pourra répondre aux besoins de demain.

REACHING THE ROCKS — CHALLENGES IN TRANSPORT AND MOBILITY

The GSC has come a long way from the days when Sir William Logan travelled the country by foot, collecting rock samples and mapping the geology of much of Eastern Canada. Most geological research requires direct observation in the field and, over the past 150 years, GSC scientists have either adopted existing forms of transportation or developed new and innovative ways to gain access to the country's geological sites.

The **packhorse** was the mainstay of geological field work in the early days of the Survey. In fact, in the more rugged mountainous parts of the country, packhorses were used right up to the 1960s. But while horses made it easier to move supplies and collect rock samples, there

Photo taken by GSC's Albert P. Low, Director 1906-1907, on Lake Mistassini, Quebec, 1884.

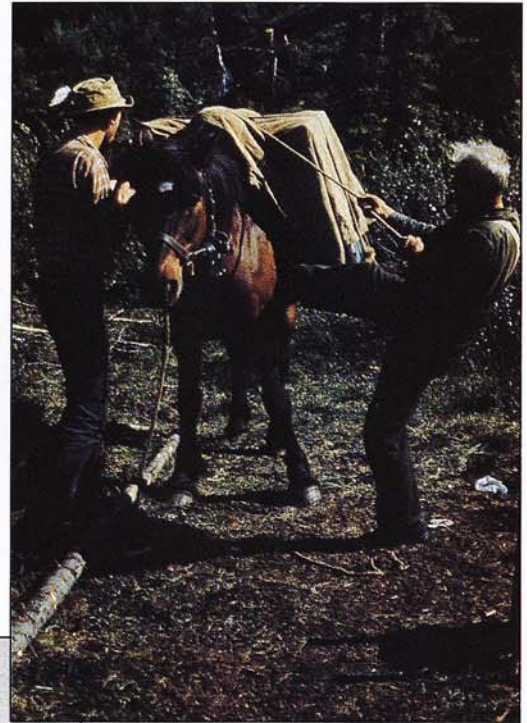


Packing a horse on Selwyn Mountains reconnaissance, 1952.

Photo: J.O. Wheeler

were problems. Alfred Selwyn, GSC Director 1869-95, lost his field notes to a hungry horse, and other stories tell of packers whose sympathies lay with the horses rather than the geologists. When a horse's load became too heavy, the packers began pitching some of the geologists' carefully collected rock samples.

Using water routes as highways, geologists travelled by **canoe** into Canada's unexplored interior. Later on, canoes were either supplemented or replaced by other forms of water transport such as scows and motor boats.



Chargement d'un cheval au cours d'un levé de reconnaissance dans la chaîne Selwyn, 1952.

Photo : J.O. Wheeler.

Comment se rendre dans les lieux qui les intéressaient?

Il en est passé de l'eau sous les ponts depuis que Sir William Logan, au milieu du siècle dernier, a parcouru le pays à pied pour

Photo prise par Albert P. Low sur le lac Mistassini, au Québec, en 1884. M. Low fut directeur de la CGC en 1906-1907.

prélever des échantillons de roche et établir ses cartes géologiques de l'Est du Canada. Comme les études géologiques nécessitent une observation directe sur le terrain, Logan et ses successeurs ont dû, depuis 150 ans, ou bien adopter les modes de transport du temps, ou bien trouver de nouvelles façons de se rendre dans les lieux qui les intéressaient.

Au cours des premières années de la CGC, les géologues se servaient de **chevaux de**

charge dans leurs déplacements sur le terrain. À vrai dire, ce mode de transport a été utilisé jusque dans les années 1960 dans les régions montagneuses les plus accidentées du pays. Cependant, malgré son utilité indéniable pour le déplacement des charges et le prélèvement des échantillons, le cheval n'a pas été sans causer des problèmes. Alfred Selwyn, qui fut directeur de la CGC de 1869 à 1895, s'est fait dévorer ses notes par un cheval affamé. Ailleurs, on raconte que les préposés au chargement des chevaux éprouvaient parfois plus de sympathie à l'égard des animaux qu'à l'endroit des géologues; quand un cheval commençait à crouler sous le poids de sa charge, ils n'hésitaient pas à délester la bête d'une partie des échantillons de roche que les géologues avaient mis tant de soin à recueillir.

Pour s'enfoncer dans les régions intérieures encore inexplorées du Canada, les géologues se déplaçaient en **canoë** en empruntant les voies d'eau. Par la suite, le canoë a été suppléé ou remplacé par d'autres types d'embarcation comme le chaland et le bateau à moteur.

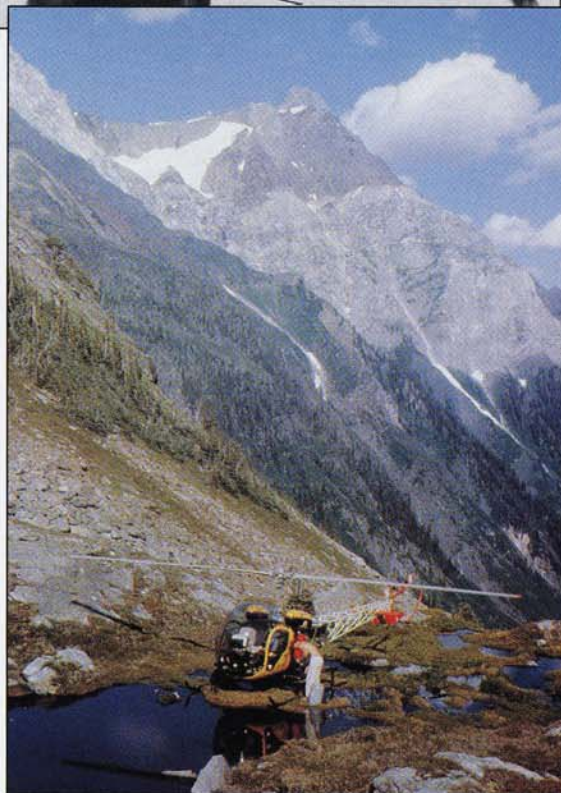
Geological field party on Jungersen Bay, Northwest Territories, June 1954.
Photo: R.G. Blackadar



Équipe de géologues à la baie Jungersen, dans les Territoires du Nord-Ouest, en juin 1954. Photo : R.G. Blackadar.

Dogsleds were the Arctic equivalent of packhorses when geologists began exploring the North in earnest after World War II.

Helicopters transport geologists and their equipment. This helicopter was used to set food caches in the Selkirk Mountains, British Columbia, 1961.
Photo: J.O. Wheeler



Des hélicoptères transportent des géologues et leur équipement. Celui-ci a servi à installer des caches de nourriture dans les monts Selkirk, en Colombie-Britannique, en 1961.
Photo : J.O. Wheeler.

Le traîneau à chiens est devenu le «cheval de charge» des géologues de l'Arctique, lorsqu'ils ont commencé sérieusement à explorer le Grand Nord après le Seconde Guerre mondiale.

L'hélicoptère, dont l'utilisation à la CGC remonte à la fin des années 40, a fait progresser rapidement l'évaluation géologique du territoire canadien. Clifford

Lord, qui fut le géologue en chef de la Commission de 1954 à 1973, s'est intéressé à l'incidence de l'hélicoptère sur les travaux de la Commission. Il estime qu'entre 1952 et 1958, la CGC a cartographié à l'échelle de la

Helicopters, which GSC field parties began to use in the late 1940s, made a huge difference to the geological assessment of Canada. Clifford Lord, the Survey's Chief Geologist 1954-73, studied the impact of helicopters, reporting that between 1952 and 1958, the GSC had mapped about half as much of Canada at a reconnaissance scale as had been mapped in the previous 110 years — due mainly to helicopters. He summed up this achievement as "the first major breakthrough in the Survey's century of effort to complete the initial or reconnaissance phase of the geological mapping of Canada."

Airplanes, which the Survey started using extensively in the late 1930s, revolutionized field work, permitting quick and cheap access to even the most remote corners of Canada. Along with aerial photography, they allowed geologists to see large tracts of land at a glance, speeding up the mapping process and allowing for faster solutions to geological problems.

reconnaissance environ la moitié plus de territoire qu'il s'en était couvert durant les 110 années précédentes, ce qu'il attribue principalement à l'emploi de l'hélicoptère. Il voit dans ce résultat «la première percée majeure en un siècle de travaux de la Commission pour réaliser la phase initiale (à l'échelle de la reconnaissance) de la cartographie géologique du Canada».

L'aéronef, dont l'usage au sein de la CGC a commencé à se répandre à la fin des années 1930, a véritablement révolutionné la géologie de terrain, en permettant d'avoir accès rapidement et à peu de frais aux régions les plus éloignées du Canada. Combiné à la photographie aérienne, il permet au géologue d'embrasser d'un coup d'oeil de vastes étendues de terrain; il a accéléré le processus cartographique et permis de résoudre plus rapidement les problèmes géologiques.



Piper Cub with balloon tires, 1962. GSC pioneered the use of light aircraft equipped with low-pressure, balloon tires, allowing landings on unprepared sites such as beaches, tundra, ice and snow. Photo: J.M. Harrison

Piper Cub sur pneus ballons, en 1962. La CGC a été une pionnière dans l'utilisation des avions légers dont les pneus ballons gonflés à une basse pression leur permettaient d'atterrir sur des terrains non aménagés comme les plages, la toundra, la glace et la neige. Photo : J.M. Harrison.

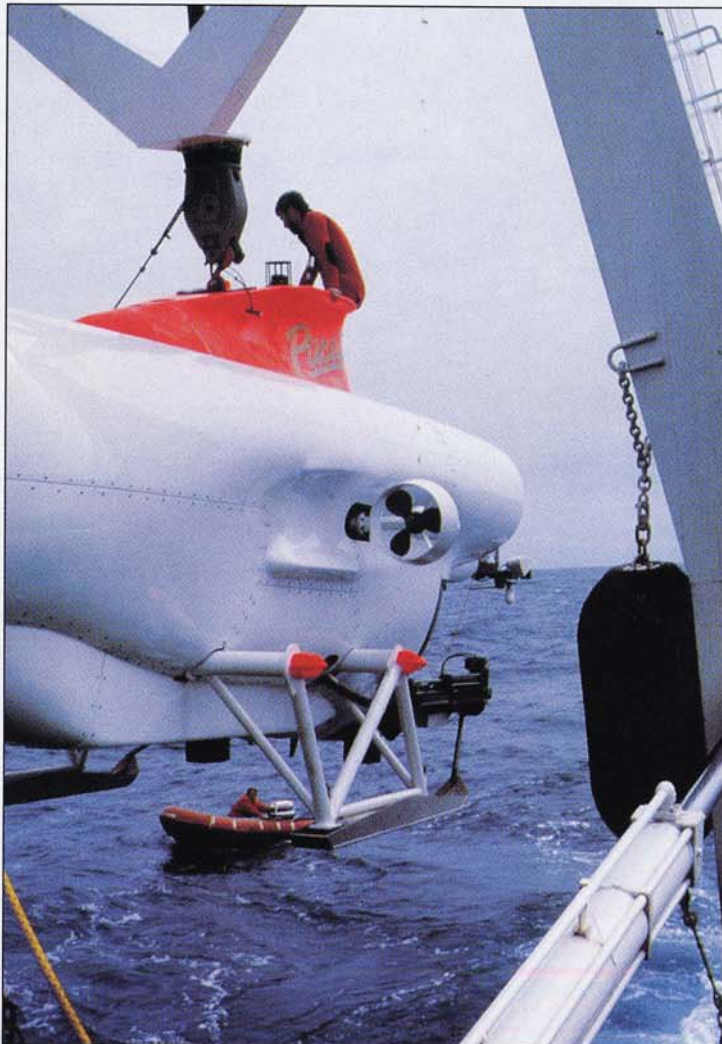
In 1967, the GSC acquired an aircraft, a Short Bros. **Skyvan**, to help in detecting the presence of uranium from the air. GSC designed a completely new airborne gamma-ray detection system which was used with the Skyvan for a variety of experimental airborne surveys. In addition, the Skyvan is currently equipped with a magnetometer and an electromagnetic sensor, which provide data that can be used for geological mapping. Recently, the aircraft has been used to help identify regions where radon levels might be high in homes. Communities can then be alerted and possible corrective measures taken.

Marine research is greatly aided by the use of **submersibles**, such as the PISCES IV, which can travel to depths of two kilometres. Submersibles have been used to study sea-bottom scouring by icebergs at selected locations between the Grand Banks and Baffin Bay. Knowledge of seabed processes helps researchers to assess offshore resources.

Skyvan, July 1971. Photo: A.G. Darnley



Skyvan, juillet 1971. Photo : A.G. Darnley.



En 1967, la CGC a fait l'acquisition d'un **Skyvan** de Short Bros. en vue de détecter la présence d'uranium du haut des airs. La Commission a conçu un tout nouveau dispositif aéroporté de détection des rayons gamma et l'a monté sur le Skyvan pour procéder à une variété de levés aériens expérimentaux. En outre, le Skyvan est actuellement équipé d'un magnétomètre et d'un détecteur électromagnétique, qui fournissent des données utiles en cartographie géologique. Récemment, on s'est servi de cet aéronef pour circonscrire les régions où de fortes concentrations de radon pourraient s'observer dans les maisons. Il est ainsi possible d'alerter les collectivités concernées et de prendre les mesures qui s'imposent.

La recherche marine est grandement facilitée par l'utilisation de **submersibles**, comme le PISCES IV, qui peut atteindre des profondeurs de l'ordre de deux kilomètres. On en a utilisé, par exemple, pour étudier les figures d'érosion du fond marin causées par les icebergs à certains endroits entre les Grands Bancs et la baie de Baffin. La connaissance des processus affectant le fond marin aide les chercheurs à évaluer les ressources extracôtières.

In 1987, GSC scientists used the PISCES to dive to hot vents in the caldera of Axial Volcano on the Juan de Fuca Ridge. Changes in the rate of accumulation of metals, of biological activity and volcanic and earthquake events have been monitored for several years at this site. This information is useful for predicting the location of ancient gold-rich base metal deposits on land. Photo: J. Franklin

En 1987, des scientifiques de la CGC ont emprunté le PISCES pour atteindre en plongée des événements chauds situés dans la caldera du volcan axial de la dorsale Juan de Fuca. Pendant plusieurs années, ils y ont observé les variations du taux d'accumulation des métaux, l'activité biologique ainsi que des phénomènes volcaniques et sismiques. Cette information aide à déterminer la position, sur la terre ferme, des anciens gîtes de métaux communs riches en or. Photo: J. Franklin.

ARKTOS BETA.*Photo: Atlantic Geoscience Centre***ARKTOS BETA.***Photo : Centre géoscientifique de l'Atlantique.*

Les scientifiques de la CGC sont constamment en quête de façons nouvelles et améliorées d'atteindre les sites géologiques qui les intéressent. À l'été de 1990, la Garde côtière canadienne a prêté à une équipe de chercheurs de la CGC son **ARKTOS BETA**, véhicule conçu pour le transport sur la glace, l'eau et le muskeg. Avec l'appui logistique de l'Étude du plateau continental polaire (EPCP), ces scientifiques se sont livrés pendant deux semaines à Tuktoyaktuk, dans les Territoires du Nord-Ouest, à une expérience qui avait pour but de mettre à l'épreuve ce véhicule dans des levés géophysiques littoraux. L'expérience a été un succès. L'information géophysique obtenue par ce moyen peut aider à concevoir de meilleurs oléoducs et gazoducs dans les régions côtières de l'Arctique et à trouver des façons de limiter l'érosion de la région côtière du havre de Tuktoyaktuk et des régions adjacentes de la mer de Beaufort.

La puissante banquise de l'océan Arctique a souvent empêché les scientifiques d'étudier l'eau et le fond de cette mer polaire. Cependant, entre 1983 et 1991, des chercheurs ont pu, avec l'aide de l'Étude du plateau continental polaire, mener des expériences dans l'Arctique depuis une plate-forme construite sur un bloc tabulaire

GSC scientists are always looking for better ways to gain access to Canada's geological sites. In the summer of 1990, Coast Guard Canada loaned the **ARKTOS BETA**, a vehicle designed for transportation on ice, water and muskeg, to a GSC research

team. Supported by the Polar Continental Shelf Project (PCSP), the team conducted a successful two-week experiment near Tuktoyaktuk, Northwest Territories, testing the vehicle's ability to carry out nearshore geophysical surveys. The geophysical information gathered with the vehicle can be used to help design better oil and gas pipelines in polar coastline areas and find ways to reduce erosion of the coastal area in Tuktoyaktuk harbour and the adjacent Beaufort Sea.

The Arctic Ocean's thick pack ice has often prevented scientists from studying the water and floor of this polar sea. But from 1983 to 1991, researchers, helped by the PCSP, were able to conduct experiments in the Arctic from the PCSP's base on a billion-tonne slab of freshwater ice. The ice island slowly plowed a path through the perennial sea ice which normally prevents access by ship. **Ice islands** make useful platforms for geological, geophysical and oceanographic research because of their large size, stability and longevity.

*Ice island field station. The island is about 34 km² with a maximum thickness of 45 m.
Photo: B. Hrycyk, PCSP.*



Station sur l'île de glace. Cette île a une superficie d'environ 34 km² et une épaisseur maximale de 45 m. Photo : B. Hrycyk, EPCP.

de glace d'eau douce pesant un milliard de tonnes. Cette «**île de glace**» s'est lentement frayé un chemin à travers la glace de mer pérenne qui normalement interdit l'accès des navires. Les îles de glace de ce genre

constituent des plates-formes très utiles pour les recherches en géologie, en géophysique et en océanographie, en raison de leur taille immense, de leur stabilité et de leur longévité.

GSC'S ROLE IN THE DEVELOPMENT OF AIRBORNE GEOPHYSICS

by Arthur Darnley with Martha Armstrong

Canada is a recognized world leader in applying airborne geophysical surveying techniques to mineral exploration and geological mapping. According to a recent report on Canadian competitiveness, commissioned by the federal government and the Business Council on National Issues, the GSC is responsible for a large part of this success.

In the report, *Canada at the Crossroads*, Harvard professor Michael E. Porter

Cet avion Queen Air de la CGC a servi au perfectionnement de magnétomètres de 1968 à 1986. On voit ici la configuration triaxiale du gradiomètre.

describes how the GSC's innovations and its practice of publishing and disseminating information have had a positive effect on the Canadian geophysical industry, especially in the area of airborne geophysics.

Airborne geophysics uses specially equipped aircraft to measure physical properties relating to the structure and composition of the earth. Features which are invisible to the naked eye, such as earthquake zones or orebodies, can be

detected. Airborne geophysical surveys are useful for exploring large areas rapidly and at a relatively low cost.

Three principal methods of airborne geophysical survey were developed, directly or indirectly, as a consequence of World War II. Airborne magnetometers, used to measure variations in the earth's

GSC Queen Air aircraft used for magnetometer development from 1968 to 1986, showing 3-axis gradiometer configuration.



LE RÔLE DE LA CGC DANS L'ÉVOLUTION DE LA GÉOPHYSIQUE AÉROPORTÉE

par Arthur Darnley avec Martha Armstrong

Le Canada est reconnu comme l'un des chefs de file mondiaux en ce qui a trait à l'application des techniques de levés géophysiques aéroportés dans les domaines de l'exploration minière et de la cartographie géologique. Selon un rapport récent sur la compétitivité du Canada, qui a été préparé pour le compte du gouvernement fédéral et du Conseil canadien des chefs d'entreprises, une grande part du succès du pays est même attribuable à la CGC.

Dans le rapport *Le Canada à la croisée des chemins*, Michael E. Porter, professeur de Harvard, décrit les effets positifs des innovations de la CGC et de sa politique en matière de publication et de diffusion de l'information sur l'industrie géophysique canadienne, plus particulièrement dans le domaine de la géophysique aéroportée.

Dans cette dernière discipline, on utilise des avions munis d'instruments qui permettent de mesurer les propriétés

physiques de la structure et de la composition du globe. Il devient ainsi possible de détecter des caractéristiques invisibles à l'oeil nu, comme des zones sismiques et des gisements de minerais. Les levés géophysiques aéroportés permettent en outre, à un coût relativement faible, d'explorer rapidement de grandes surfaces.

Trois des grandes méthodes utilisées pour effectuer des levés géophysiques aéroportés ont été conçues - directement ou indirectement - dans le contexte de la Seconde Guerre mondiale. Les magnétomètres aériens, qui servent à mesurer les variations du champ magnétique terrestre, ont notamment été mis au point par les États-Unis afin de détecter les sous-marins en plongée. La CGC a, quant à elle, commencé à réaliser des levés aéromagnétiques en 1947 en vue de démontrer l'utilité de cette technique à des fins d'exploration et de cartographie géologique. Un gisement de minerais de fer a d'ailleurs été découvert en 1950 à Marjoma, en Ontario, grâce à des levés

aéromagnétiques réalisés par les gouvernements fédéral et provinciaux; la valeur de ce gisement est de beaucoup supérieure au coût de tous les travaux géophysiques entrepris par la CGC au cours des 40 années qui ont suivi.

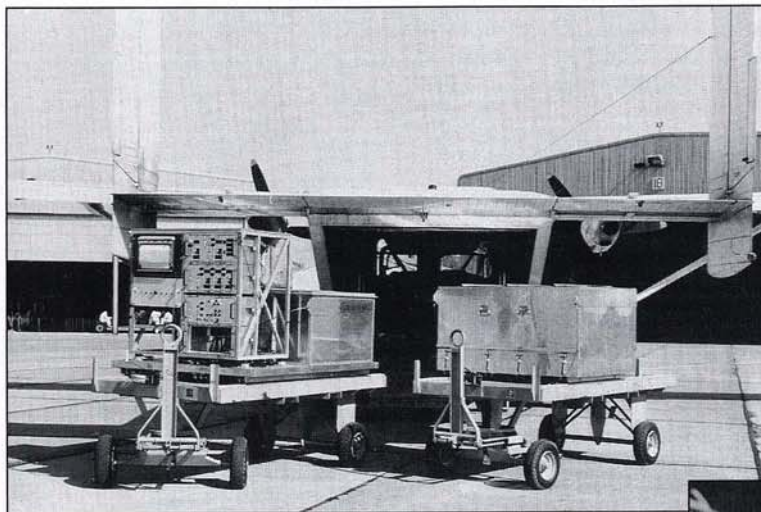
La CGC a aussi présenté au public de nombreuses innovations techniques, notamment le magnétomètre à précession de protons, le gradiomètre aéromagnétique à haute résolution, la compilation numérique et la restitution couleur automatisée. Ces innovations ont par la suite été adoptées par l'industrie des services géophysiques, puis appliquées partout dans le monde.

On a commencé à effectuer des levés radiométriques aéroportés en 1947, au Canada. Puis, en 1949, trois professeurs de la «University of Manitoba» ont construit le premier spectromètre aérien à rayons gamma au monde, un instrument servant à reconnaître les éléments radioactifs d'après leur radioactivité caractéristique. C'est en

magnetic field, were invented in the U.S. to detect submerged submarines. The GSC commenced aeromagnetic surveys in 1947 to demonstrate their usefulness for exploration and geological mapping. The value of the Marmora, Ontario, iron ore deposit, discovered by a federal-provincial aeromagnetic survey in 1950, far exceeded the cost of all GSC's geophysical work for the next 40 years.

The GSC introduced many new technical developments, such as the proton precession magnetometer, the high-

GSC Skyvan aircraft used for gamma ray spectrometer development, with equipment ready for loading, 1969.



Skyvan utilisé par la CGC pour la mise au point du spectromètre gamma, avec du matériel prêt à embarquer, en 1969.

grande partie grâce aux connaissances des chercheurs de la CGC que cette technique a pu être appliquée de façon productive. Le premier spectromètre à rayons gamma de haute précision destiné à des applications géologiques a été créé pour le compte de la CGC par Énergie atomique du Canada limitée, entre 1967 et 1969. Le nouveau système a obtenu un tel succès qu'on a décidé de s'en servir pour établir des normes internationales concernant ce procédé. En janvier 1978, la version Mark II de l'appareil, qui a été construit par la CGC elle-même, a réussi là où d'autres appareils avaient échoué; l'instrument est en effet parvenu à repérer des déchets radioactifs provenant du satellite russe COSMOS qui s'était écrasé sur terre.

Introduite au Canada au début des années 1950, la technique de levés électromagnétiques aéroportés permet de mesurer les variations de la conductivité électrique du sol. La CGC a examiné les grands principes de cette technique, puis a évalué l'efficacité de différents systèmes.

resolution aeromagnetic gradiometer, digital compilation and automated colour plotting. These developments were subsequently adopted by the geophysical service industry and applied worldwide.

Airborne radioactivity surveys originated in Canada in 1947, and in 1949, three University of Manitoba professors constructed the world's first airborne gamma-ray spectrometer, an instrument for identifying radioactive elements by their characteristic radioactivity. GSC scientists contributed much of the knowledge required to apply this technique productively. The first high-sensitivity gamma-ray spectrometer specifically designed for geological applications was

developed for the GSC by Atomic Energy of Canada Ltd. in 1967-69. The new system was so successful that it established international standards for the method. In January 1978 the Mark II version of this

Radiometric surveys are flown at 120 m. View from cockpit of GSC Skyvan near Elliot Lake, Ontario. Photo: J. Parker



Les levés radiométriques sont exécutés à 120 m d'altitude. Cette photo a été prise du cockpit du Skyvan de la CGC près d'Elliot Lake, en Ontario. Photo : J. Parker.

Les programmes de la CGC, qui ont permis à des entrepreneurs de réaliser des travaux en se pliant aux exigences rigoureuses de cette organisation, ont entraîné l'application à grande échelle des techniques de cartographie géophysique aéroportée au Canada. L'industrie minière du pays a tiré profit de cette application, qui a provoqué simultanément la formation d'un groupe d'entrepreneurs et de fabricants d'équipement enthousiastes et capables de travailler sur la scène internationale. Les membres de ce groupe sont reconnus comme étant aptes à satisfaire les exigences de la CGC; c'est d'ailleurs cette importante réputation qui leur a permis de solliciter efficacement des contrats à l'étranger.

equipment, built in house by the GSC, located radioactive debris from a crashed Russian COSMOS satellite after other equipment had failed to do so.

The airborne electromagnetic survey technique, which measures variations in the electrical conductivity of the ground was introduced into Canada in the early 1950s. The GSC investigated the basic science and evaluated the effectiveness of different systems.

Extensive application of airborne geophysical mapping techniques in Canada as part of the GSC's own programs, with operation undertaken by contractors working to GSC's stringent specifications, benefitted the Canadian mineral industry and simultaneously created a group of contractors and equipment manufacturers keen and able to work internationally. Their known ability to satisfy the GSC's requirements was a strong and effective recommendation in seeking business abroad.

By conducting its own research and sharing its technology with industry and universities, the GSC has advanced Canada's capabilities in airborne geophysics with applications across the whole field of exploration.

En menant ses propres recherches et en partageant sa technologie avec l'industrie et les universités, la CGC a contribué à améliorer la compétence du Canada en géophysique aéroportée, une discipline dont les applications sont nombreuses dans tous les domaines de l'exploration.

LOOKING AHEAD

The computerized GSC of the 1990s is a very different organization from the one established by Sir William Logan 150 years ago. Nevertheless, mineral exploration and development, and geological mapping are still primary concerns. The GSC has also adapted to shifting national priorities, making the assessment of contemporary environmental changes a major focus of research.

As needs emerge, the GSC accepts new responsibilities and develops new areas of expertise. One of the Survey's current successes is its involvement in LITHOPROBE, the largest geoscientific research program ever undertaken in Canada. This project, which allows scientists to 'see' into the earth to depths of up to 50 km, is revealing important new information about the dynamic interior forces that formed the planet and that are the sources of Canada's mineral and petroleum wealth.

LITHOPROBE and the projects highlighted in the following four articles are just a few examples of how the Survey helps Canada maintain its role as a world leader in geoscience research.

L'AVENIR DE LA CGC

La CGC informatisée des années 1990 est une organisation bien différente de celle créée par Sir William Logan il y a 150 ans. Malgré toute cette évolution, l'exploration et la mise en valeur des minéraux ainsi que la cartographie géologique demeurent les grandes préoccupations de l'organisme. La CGC, qui sait aussi s'adapter aux nouvelles priorités nationales, accorde maintenant beaucoup d'attention aux recherches qui permettent d'évaluer les changements environnementaux actuels.

La CGC accepte au besoin d'assumer de nouvelles responsabilités et d'explorer de nouveaux domaines de connaissance. L'une des réussites actuelles de la Commission est sans contredit sa participation à Lithoprobe, le plus grand programme de recherche géoscientifique jamais entrepris au Canada. Ce projet, qui permet aux chercheurs d'«examiner» l'intérieur de la Terre jusqu'à des profondeurs de 50 km, vise à recueillir de l'information nouvelle et importante sur les forces dynamiques intérieures qui ont contribué à la formation de la planète et qui sont à la source des richesses pétrolières et minérales du Canada.

Le programme Lithoprobe et les autres projets décrits dans les quatre articles qui suivent ne sont que des exemples qui illustrent comment la Commission aide le Canada à demeurer l'un des chefs de file mondiaux en matière de recherche géoscientifique.

DRILLING THE OCEAN FLOOR

by Robin Riddihough

The earth science revolution of the 1960s focused on the ocean floor. Researchers had expected to find an uninteresting series of abyssal plains but, instead, they found a place where many of the geological processes that had formed the continents were going on today.

In response to this discovery, the Deep Sea Drilling Program (DSDP) was started in 1968. It aimed to use deep sea drilling and the recovery of rock samples to 'prove' that plate tectonics did work. DSDP began as a U.S. initiative but quickly acquired five other partners - France, West Germany, Japan, the U.K. and the U.S.S.R.

Results were so phenomenally successful (the hypothesis of plate tectonics was confirmed) that in the early 1980s an expanded program was recommended. In 1984, under the enthusiastic leadership of Mike

Keen, Ray Price and Bill Hutchison of the Geological Survey, Canada asked to become a candidate member of a new Ocean Drilling Program (ODP). In 1985, Canada became a full member with membership on planning panels and guaranteed shipboard participation for Canadian scientists. Today the other partners in ODP are the U.S., Australia (with Canada), the European Science Foundation, Federal Republic of Germany, France, Japan and the U.K.

Beginning in the Gulf of Mexico, the ODP drill ship *Resolution* has now circumnavigated the globe eastwards from the Atlantic to the Pacific. Along the way it has drilled 40 two-month 'legs' into a wide array of scientific targets. Sixty Canadian scientists have participated in more than 35 of these legs.

ODP is, of course, expensive. It costs around \$36 million a year —

LE SONDAGE DES FONDS MARINS

par Robin Riddihough

Au cours de la révolution des sciences de la Terre survenue dans les années 1960, on a accordé une importance particulière au fond océanique. Les chercheurs, qui s'attendaient à y trouver une série de plaines abyssales sans intérêt, ont eu la surprise de découvrir un endroit où se déroulent aujourd'hui bon nombre des processus géologiques qui ont mené à la formation des continents.

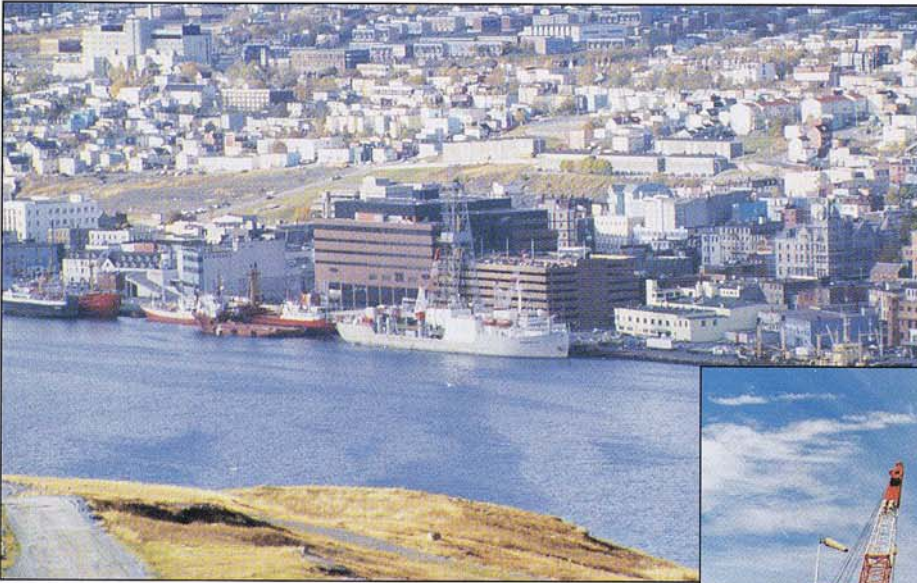
Cette découverte a amené, en 1968, la création du «Deep Sea Drilling Program» (DSDP). Ce programme visait à prouver la théorie de la tectonique de plaques au moyen de forages en mer profonde et de la récupération de carottes d'échantillon. Le DSDP a été mis en place par les États-Unis, auxquels se sont vite joints cinq autres pays, soit la France, l'Allemagne de l'Ouest, le Japon, le Royaume-Uni et l'URSS.

Les résultats obtenus ont été si fructueux (l'hypothèse de la tectonique de plaques a été confirmée) qu'on a recommandé la mise sur pied d'un programme élargi dès le début des années 80. En 1984, devant l'exemple enthousiaste de Mike Keen, de Ray Price et de Bill Hutchison de la Commission géologique, le Canada a demandé à devenir membre suppléant du nouveau Programme de sondage des fonds marins (PSFM). Le pays est finalement devenu membre à part entière du Programme en 1985; cette position lui garantissait une place dans les comités de planification ainsi que la participation de chercheurs canadiens aux travaux réalisés à bord des navires. Actuellement, les États-Unis, l'Australie (avec le Canada), la Fondation européenne de la science, la République fédérale d'Allemagne, la France, le Japon et le Royaume-Uni participent eux aussi au PSFM.

Canada and Australia provide \$2.75 million. So why drill? Would it not be possible to get the same information without the expense of running a custom-designed ship like the *Resolution*?

Apart from its unique array of floating scientific laboratories, drilling from the *Resolution* offers the only solution to several geoscientific problems. These

Ocean Drilling ship *Resolution* in St. John's harbour, October 1985.



Le navire de sondage des fonds marins *Resolution* au port de St. John's, en octobre 1985.

Le navire de forage du PSFM, le *Resolution*, a commencé sa course dans le golfe du Mexique pour ensuite faire le tour du globe en naviguant vers l'est, de l'Atlantique au Pacifique. L'équipage en a profité pour installer 40 montants. Chacun de ces montants a servi pendant deux mois à l'étude d'un vaste ensemble de cibles scientifiques. Soixante chercheurs canadiens ont participé aux travaux associés à plus de 35 montants.

Le PSFM est bien entendu très coûteux. On y affecte environ 36 millions de dollars par année, dont 2,75 proviennent du Canada et de l'Australie. Pour quelles raisons poursuit-on les forages malgré leur coût élevé? Ne serait-il pas possible d'obtenir la même information sans avoir à consacrer autant d'argent à un bateau spécialisé comme le *Resolution*?

Mis à part le fait qu'ils ont permis la construction d'un ensemble unique de laboratoires scientifiques flottants, les sondages réalisés à partir du *Resolution* représentent la seule manière de résoudre plusieurs problèmes géoscientifiques. Parmi

include obtaining continuous, detailed records of the last few million years of Earth's climate; direct sampling and dating of the ocean crust; obtaining samples of fluids circulating in ocean sediments; studying ore-forming processes at mid ocean ridges; and providing deep boreholes for long-term measuring equipment (e.g. seismometers for earthquake detection).

For Canada, the latest and most exciting drilling has just been completed off British Columbia. Following a proposal made by

GSC scientists, the *Resolution* drilled into sediment mounds and 'black smokers' in the central valley of the Juan de Fuca Ridge. During a Victoria port call in September 1991, GSC scientist Jim Franklin, revealed that they had drilled up to 95 m of massive metallic sulphides. A number of Canadian mining companies were in Victoria to see the new cores. Clearly these results from the ocean floor will affect the search for new mineral deposits on land.

By late 1992, the *Resolution* should be back drilling off Vancouver Island for information that will help scientists understand earthquake hazard in British Columbia.

Assistant Deputy Minister of the GSC Ken Babcock (left), Director of the Canadian Ocean Drilling Program Secretariat, John Malpas, (centre) and GSC Chief Scientist Robin Riddihough on board the *Resolution* in Victoria, September 1991.



De gauche à droite, Ken Babcock, Sous-ministre adjoint à la CGC, John Malpas, directeur du Secrétariat du Programme canadien de sondage des fonds marins, et Robin Riddihough, scientifique principal de la CGC, à bord du *Resolution* à Victoria, en septembre 1991.

ces problèmes, on compte la cueillette continue de données détaillées sur le climat de la Terre au cours des derniers millions d'années, l'échantillonnage direct et la datation de la croûte océanique, la récupération d'échantillons de fluides qui circulent dans les sédiments océaniques, l'étude des processus de formation du minerai sur les dorsales océaniques et le forage de trous profonds permettant d'installer à long terme des appareils de mesure (séismomètres servant à la détection de tremblements de terre, etc.)

Le dernier et plus ambitieux des projets de forage entrepris au Canada vient de prendre fin au large de la Colombie-Britannique. À la suite d'une proposition faite par des chercheurs de la CGC, le *Resolution* a sondé des buttes sédimentaires et des événements de vapeur noire situés dans la vallée centrale de la crête de Juan de Fuca. Au cours d'une escale au port Victoria en septembre 1991, Jim Franklin, chercheur à la CGC, a annoncé qu'on avait foré dans du sulfure métallique massif jusqu'à une

profondeur de 95 m. Un certain nombre de compagnies minières canadiennes se trouvaient à Victoria pour examiner les nouvelles carottes. Il devient donc évident que les résultats des travaux réalisés dans les fonds marins auront des répercussions sur la recherche de nouveaux gisements de minerai sur le terrain.

D'ici la fin de 1992, le *Resolution* devrait avoir repris ses sondages au large de l'île de Vancouver, à la recherche d'information pouvant aider les chercheurs à mieux comprendre les tremblements de terre qui surviennent en Colombie-Britannique.

NATMAP

by Martha Armstrong with Mike Cherry

Canadian geoscientists have long been recognized for their mapping skills. Geoscientific maps provide vital earth science information for exploration geologists, geotechnical engineers, environmentalists and research scientists. They aid site investigations, environmental assessments, urban planning and minerals exploration.

But even though the demand for geoscientific maps is growing, increases in operating costs and decreases in financial resources over the past decade have begun to severely erode Canada's field mapping programs.

To counteract this decline, the GSC has developed the National Geoscience Mapping Program (NATMAP). NATMAP brings together federal, provincial and territorial governments, industry and university expertise to improve the quality, relevance and completeness of bedrock and surficial geological mapping programs across Canada.

CARTNAT

par Martha Armstrong avec Mike Cherry

Les géoscientifiques canadiens sont depuis longtemps réputés pour leurs compétences en cartographie. Leurs cartes géoscientifiques sont des mines de renseignements indispensables pour les géologues de l'exploration, les ingénieurs en géotechnique, les environnementalistes et les chercheurs scientifiques. Elles facilitent les études sur le terrain, les évaluations environnementales, la planification urbaine et la prospection minière.

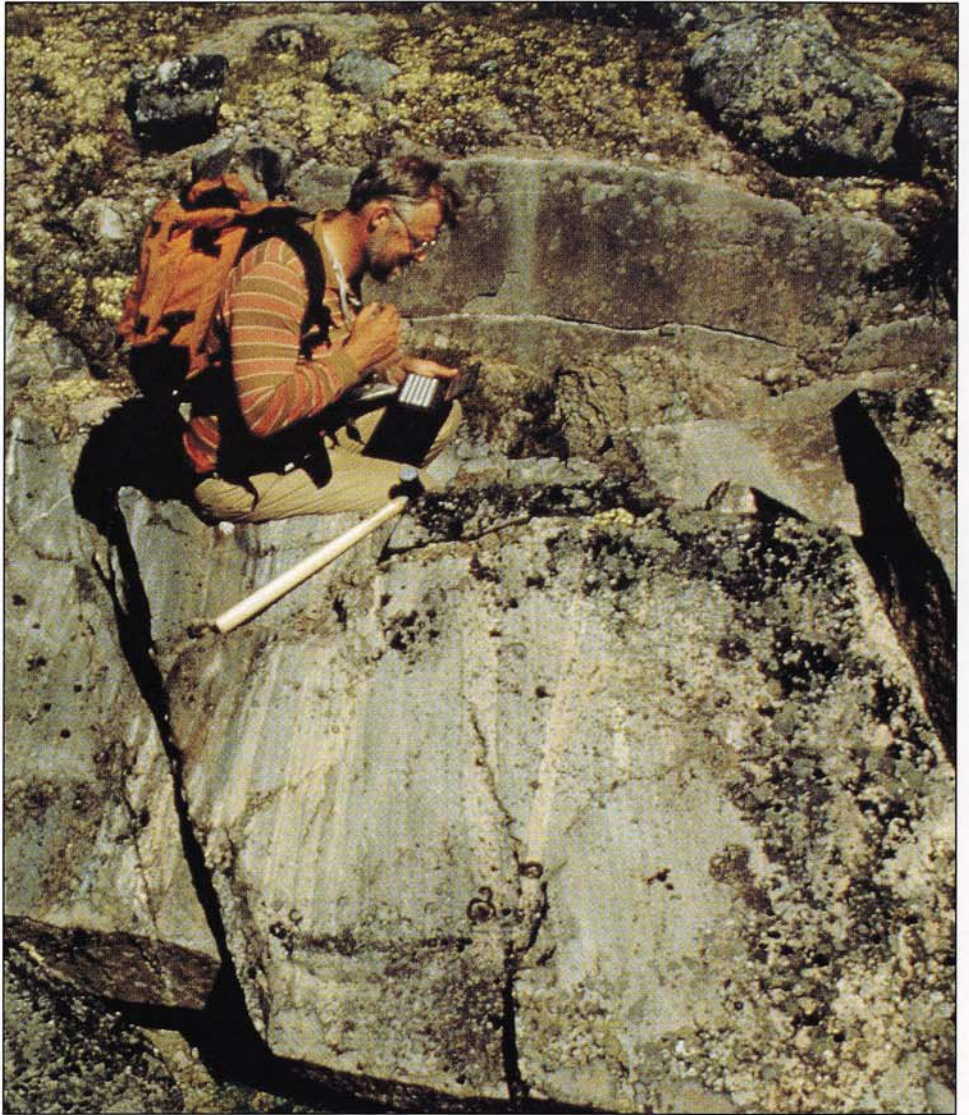
Cependant, alors que les cartes géoscientifiques sont de plus en plus en demande, la hausse des coûts d'exploitation et la diminution concomitante des budgets depuis une dizaine d'années ont sérieusement entamé les programmes de cartographie au Canada.

Pour compenser, la CGC a créé le Programme national de cartographie géoscientifique du Canada ou CARTNAT, qui rassemble les compétences des gouvernements fédéraux, provinciaux et

The program was originally proposed in 1989 by a group of active geological mappers from the GSC. Since then, discussions among federal and provincial surveys, universities, and mineral exploration and geotechnical industries have formalized the program. NATMAP is based on three principles.

First, coordination among all agencies interested in geosciences is encouraged, to reduce operating expenses and duplication of effort and to promote integrated products.

Entering traverse data into hand-held personal computer, west of Wager Bay, Northwest Territories. Photo: C. Jefferson



territoriales, de l'industrie et des universitaires afin d'améliorer la qualité des programmes de cartographie de la roche consolidée et non consolidée au Canada, de mieux les adapter aux besoins et de les rendre plus complets.

L'idée de ce programme a été lancée en 1989 par un groupe dynamique de cartographes spécialisés en géologie à la CGC. Puis, après des discussions entre les commissions géologiques fédérales et provinciales, les universités, l'industrie de l'exploration minière et l'industrie géotechnique, le programme a finalement

Un scientifique s'affaire à entrer des données de cheminement dans un ordinateur de poche, à l'ouest de la baie Wager, dans les Territoires du Nord-Ouest. Photo : C. Jefferson

été officialisé. Le concept du CARTNAT s'appuie sur trois principes.

D'abord, il encourage la concertation entre tous les organismes qui s'intéressent aux sciences de la Terre, afin de réduire les frais d'exploitation, de supprimer les efforts inutiles et de promouvoir l'élaboration de produits intégrés.

Secondly, NATMAP hopes to use computer technology to the fullest extent, making it easier to gather and interpret data, produce maps and reports, and store and transfer information.

Finally, the program will promote practical training in mapping techniques for Canadian geoscience students, to help develop the next generation of skilled field geologists.

NATMAP is particularly interested in projects that are related to the development of Canada's mineral resources, environmental and societal concerns, and filling gaps in fundamental geological knowledge.

Two flagship projects marked the launch of NATMAP in 1991.

The Shield Margin Project, a collaborative effort between GSC and the Manitoba and Saskatchewan geological surveys, involves comprehensive studies of the exposed Flin Flon-Snow Lake greenstone belt and its buried southern extension. This project will produce a comprehensive, GIS-based

geoscience database that can be used to reinterpret the geology of both the exposed craton and the buried continuation. The buried extension is most likely to contain mineral resources.

The second pilot project, undertaken by the GSC and government geological agencies in the Northwest Territories, is a major program of regional and detailed bedrock and surficial mapping in Slave Structural Province in support of exploration for base and precious metal deposits.

This increased interaction among different agencies will help develop cross-agency mapping standards and geoscience information databases. These will evolve into national mapping standards and databases that will make it easier to transfer information among government surveys, universities and the private sector.

Wopmay Orogen, District of Mackenzie, N.W.T.

Ensuite, on compte avoir recours le plus possible à la technologie de l'informatique, afin de faciliter la collecte et l'interprétation des données, la production des cartes et des rapports, de même que le stockage et le transfert de l'information.

Finalement, le programme favorisera la mise sur pied de stages pratiques en techniques de cartographie à l'intention des étudiants en sciences de la Terre au Canada, afin d'aider à développer la prochaine génération de géologues qualifiés.

Le CARTNAT s'intéresse particulièrement aux projets dont le but ultime est de mettre en valeur les ressources minérales du Canada, de résoudre des problèmes environnementaux et sociaux ou encore de combler des lacunes dans les connaissances fondamentales en géologie.

Deux projets pilotes ont marqué le lancement du CARTNAT en 1991.

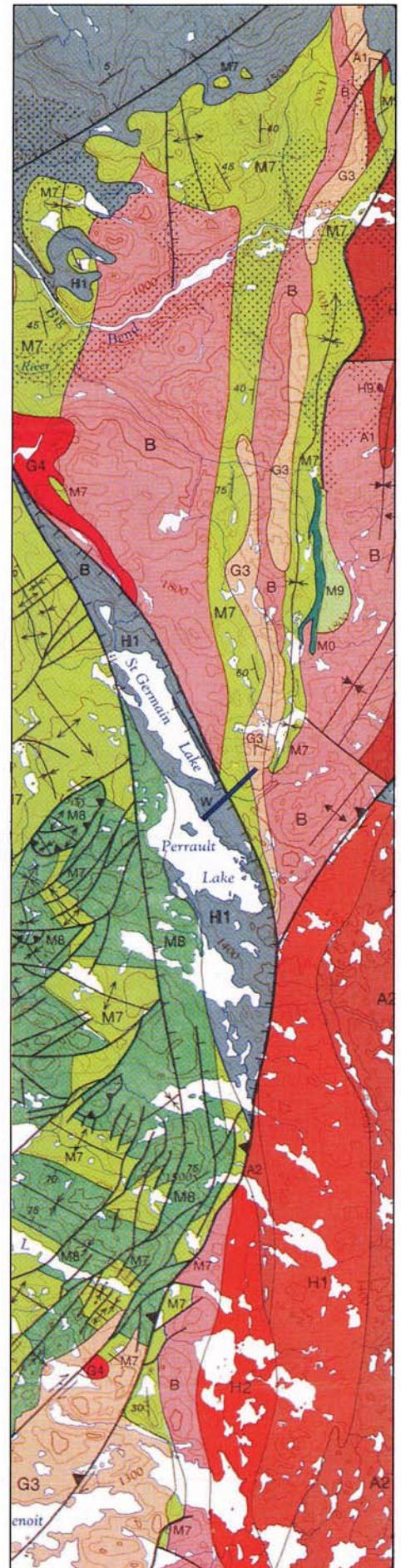
Il y a d'abord le Projet de la marge du Bouclier, dans lequel la CGC ainsi que les commissions géologiques du Manitoba et de la Saskatchewan collaboreront à des études détaillées sur les affleurements de la ceinture de roche verte de Flin Flon-Snow Lake et leur prolongement subsuperficiel méridional. Il en résultera une riche base de données géoscientifiques construite sur

un système d'information géographique, qui pourra servir à réinterpréter la géologie des affleurements cratoniques et de leur prolongement subsuperficiel, lequel contient très probablement des ressources minérales nouvelles.

Le second projet pilote, que la CGC exécute en collaboration avec des organismes géologiques dans les Territoires du Nord-Ouest, est un programme majeur qui consiste à produire des cartes géologiques (de surface et de subsurface) de la Province structurale des Esclaves, à l'échelle régionale comme à l'échelle du détail, pour faciliter la recherche de gisements de métaux communs et précieux.

Cette concertation accrue entre différents organismes contribuera à développer des normes de cartographie et des bases de données géoscientifiques qui soient communes à plusieurs organisations. À force de s'étendre, elles deviendront des instruments nationaux qui faciliteront le transfert de l'information entre les commissions géologiques, les universités et les entreprises.

L'orogène de Wopmay, dans le district de Mackenzie, Territoires du Nord-Ouest.



EXTECH

by Martha Armstrong with Bill Coker

Geology has traditionally been a science based on individual research. But now, programs such as the GSC's Exploration Science and Technology Initiative (EXTECH), strive to integrate all areas of geoscience, allowing knowledge from one discipline to be used to improve the conceptual approach and results of other disciplines.



EXTECH

par Martha Armstrong avec Bill Coker

La géologie est une science qui se nourrit surtout de recherches individuelles. Sauf que maintenant, par des programmes tels que l'Initiative en science et technologie de l'exploration (EXTECH), on cherche à intégrer toutes les spécialités des sciences de la Terre, pour que les connaissances acquises dans une discipline puissent servir à améliorer l'approche théorique et les résultats dans les autres disciplines.

Dans cette optique, le programme EXTECH vise à améliorer les concepts et les technologies mis à contribution dans la recherche des gisements de métaux communs (zinc, cuivre, plomb, or, argent). Il pourrait en résulter un modèle largement applicable à la recherche des métaux non précieux.

Based on this approach, EXTECH aims to improve concepts and technologies used to explore for base metal mineralization (zinc, copper, lead, gold, silver). The result could be a widely applicable model for base-metal exploration.

The development of integrated regional and detailed (mine scale) models, and of geophysical and geochemical methodologies and equipment will enable EXTECH to produce a range of products including:

- enhanced regional databases for bedrock geology, airborne geophysics, regional lake sediment and water geochemistry, surficial geochemistry and Quaternary geology;

L'élaboration et l'intégration de modèles régionaux et détaillés (à l'échelle de la mine) de même que la mise au point de méthodes et d'instruments géophysiques et géochimiques permettront à EXTECH d'élaborer des produits de toutes sortes, notamment :

- des bases de données régionales améliorées sur la géologie du substratum rocheux, la géophysique aérienne, la géochimie régionale des sédiments et des eaux lacustres, la géochimie superficielle et la géologie du Quaternaire;
- une documentation détaillée sur les gîtes minéraux, susceptible de conduire à l'élaboration de modèles intégrés; et
- des modèles du potentiel régional en minéraux, élaborés par stratification des données au moyen de systèmes d'information géographique (SIG).

Le premier projet à voir le jour dans le cadre d'EXTECH est actuellement réalisé dans les limites du camp minier du lac Snow ainsi que dans la région manitobaine

- detailed deposit documentation leading to integrated deposit modelling; and,
- regional mineral potential models developed using multi-layering of data through Geographic Information Systems (GIS).

The first EXTECH program is currently under way within the Snow Lake mining camp and the Rusty Lake (Ruttan Mine) area of Manitoba. These regions were selected because they have:

- research potential for all geoscience disciplines and we need to identify new reserves in these districts;
- many massive sulphide deposits including copper-rich, zinc-rich and barren massive sulphides. Also, there is extensive alteration in bedrock associated with the base-metal deposits;
- abundant lakes for sediment and water surveys, and a complex glacial history;
- easy accessibility and provincial survey and mining and exploration companies in the region have offered their cooperation; and,

Ruttan Mine open pit, Leaf Rapids, Manitoba. Photo: D. Ames

Mine à ciel ouvert de Ruttan, à Leaf Rapids, au Manitoba. Photo : D. Ames.

du lac Rusty (mine Ruttan). Ces régions ont été choisies pour les raisons suivantes :

- elles se prêtent à des recherches dans toutes les disciplines des sciences de la Terre, et nous avons justement besoin de découvrir de nouvelles réserves dans ces régions;
- elles renferment de nombreux gisements de sulfures massifs, certains riches en cuivre, d'autres riches en zinc, d'autres stériles. En outre, le substratum rocheux présente une altération étendue associée aux gisements de métaux communs;
- elles contiennent une abondance de lacs pouvant se prêter à des études sédimentaires et limnologiques, et se caractérisent par une histoire glaciaire complexe;
- elles sont faciles d'accès, et la commission géologique provinciale de même que des sociétés d'exploitation minière et d'exploration de la région ont offert leur collaboration; et

- a pre-existing database, including provincial detailed geological maps and a mineral deposit inventory, which can be used as an effective framework.

One of the program's early successes is the integration of the federal and Manitoba surveys' geological mapping programs. A continuous thread runs through regional to



- elles sont déjà documentées par une base de données comprenant des cartes géologiques détaillées du gouvernement provincial et un inventaire des gîtes minéraux, qui peuvent constituer un cadre de travail efficace.

Une des premières réussites de ce programme est d'avoir permis l'intégration des programmes de cartographie géologique de la CGC et de la commission géologique manitobaine. Il y a maintenant une coordination des projets de cartographie aux échelles régionale et

détaillée, et les deux ordres de gouvernement collaborent à un programme de géologie quaternaire et de géochimie des tills.

Cette collaboration fait en sorte que les géologues du gouvernement fédéral et des provinces coordonnent leurs efforts, que les travaux de cartographie sont exécutés suivant des normes communes et que l'information obtenue est immédiatement mise à la disposition de toutes les autres parties.

detailed-scale projects and a cooperative Quaternary geology and till geochemistry program.

This cooperation ensures that federal and provincial geologists do not duplicate effort, that mapping is carried out to common standards and that the information obtained is immediately available to all parties.

The results of the EXTECH bedrock and Quaternary mapping programs will form the basis of the broader NATMAP project under way in the region.

EXTECH's end product will be a unified volume, to be published in 1994, in which the base metal environments of the Snow and Rusty lakes regions will be characterized through the geology of deposits, their relationship to regional stratigraphy, the mineralogical and chemical compositions and physical properties of the ores, host rocks and alteration, the surficial geochemical dispersion patterns and geophysical signatures.

In the meantime, other EXTECH-style projects will bring a multidisciplinary geoscience approach to projects aimed at improving exploration concepts and techniques in other areas of Canada.

Cutting a bedrock channel for geochemical analyses to determine alteration chemistry.
Photo: D. Ames

On pratique une tranchée dans le substratum rocheux, en vue d'y exécuter des analyses géochimiques de l'altération géologique.
Photo : D. Ames.

Les résultats des programmes de cartographie du Quaternaire et du substratum rocheux réalisés dans le cadre d'EXTECH jetteront les bases du projet CARTNAT qui aura lieu dans la région.

Les résultats du programme EXTECH seront réunis dans un ouvrage de référence qui sera publié en 1994, dans lequel les milieux de gisement des métaux communs des régions des lacs Snow et Rusty seront décrits sous les aspects suivants : les relations des gisements avec la stratigraphie régionale, la composition minéralogique et chimique de même que les propriétés physiques des minerais, les roches encaissantes et leur altération, les figures de dispersion géochimique en surface et les signatures géophysiques.

Entre temps, d'autres projets du type d'EXTECH permettront de réunir dans un cadre multidisciplinaire les travaux visant à améliorer les concepts et techniques d'exploitation dans d'autres régions au Canada.

ENVIRONMENTAL GEOSCIENCE STUDIES AND GLOBAL CHANGE

The environment is in a state of constant change. But, more and more, human activity is upsetting the Earth's natural equilibrium by releasing carbon dioxide and other gases into the atmosphere, changing the chemistry of streams, groundwater and oceans, degrading soils and forests, and diminishing biodiversity on the planet.

To understand environmental problems and discover potential solutions, the GSC's Environmental Geoscience Program focuses on humanity's interaction with the environment and examines ways to help achieve environmentally sustainable economic development.

GSC scientists want to have a thorough understanding of the landmass and of geological processes in order to deal with

Ice core from the top of Agassiz Ice Cap, northern Ellesmere Island. Taken from a depth of 115 m, this core is more than 70 000 years old. Layers in the ice show different forms of accumulating snow. Photo: R. Koerner



L'ÉTUDE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ENVIRONNEMENT ET LE CHANGEMENT PLANÉTAIRE

La Terre est en constante évolution, mais son équilibre naturel est de plus en plus menacé par l'activité humaine, qui libère du bioxyde de carbone et d'autres gaz dans l'atmosphère, modifie la chimie des eaux courantes et des océans, entraîne une dégradation des sols et des forêts, diminue la diversité biologique de la planète.

Pour comprendre les problèmes environnementaux et découvrir des solutions possibles, la CGC a créé le Programme des géosciences environnementales, qui s'intéresse plus particulièrement à l'interaction de l'homme avec son milieu naturel et qui vise à favoriser la réalisation du développement économique durable, c'est-à-dire acceptable du point de vue de l'environnement.

Les scientifiques de la CGC veulent approfondir leurs connaissances sur la masse continentale et les processus

géologiques dont elle est le siège, afin d'être en mesure d'apporter des solutions aux problèmes environnementaux. La CGC a établi trois observatoires pour observer le changement planétaire — dans le Haut-Arctique, dans la vallée Mackenzie et dans les prairies du sud — pour aider les chercheurs à comprendre les changements environnementaux du passé et du présent de manière à pouvoir mieux évaluer la nature et la signification du changement planétaire. On étudie actuellement les trois régions côtières du Canada, afin de déterminer les effets des variations du niveau marin sur le littoral et sur la population riveraine.

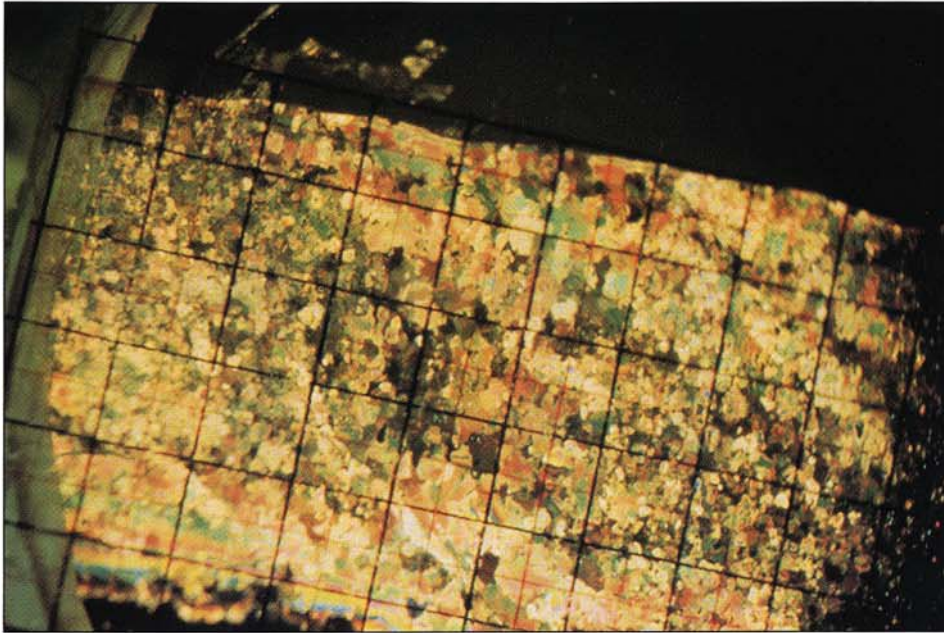
La CGC a également entrepris plusieurs projets de recherches, afin d'étudier les conséquences de la fonte du pergélisol. Elle développe des instruments et des techniques pour l'étude de la distribution et de la stabilité du pergélisol et de la glace de sol.

Carotte de glace remontée d'une profondeur de 115 m dans la calotte glaciaire Agassiz, dans le nord de l'île d'Ellesmere. Son âge dépasse 70 000 ans. Les strates visibles dans la glace représentent différents types de neige accumulés. Photo : R. Koerner

Chaque année, des scientifiques de la CGC se rendent dans le Haut-Arctique extraire par carottage des échantillons de neige, de calottes glaciaires et de glaciers. L'analyse de ces échantillons peut aider à reconstituer les climats anciens et les paléotempératures, et à retracer les variations de la composition de l'atmosphère.

La connaissance de l'environnement moderne doit absolument passer par l'étude de l'histoire géologique de la planète. Les travaux qui sont faits en ce sens montrent que la température est étroitement liée à la quantité de gaz carbonique présent dans l'atmosphère et qu'une augmentation de la concentration de ce gaz et des autres gaz à effet de serre risque de soumettre le climat planétaire à des changements rapides et irréversibles.

Le changement planétaire est loin de se limiter au réchauffement du climat. La planète est affectée par des phénomènes environnementaux de tous genres: variation



*Section of ice from an ice core between crossed polaroids. Different colours denote individual ice crystals. Grid is in centimetres.
Photo: R. Koerner*

Tranche de carotte glaciaire entre des polaroids croisés. Les différentes couleurs correspondent à différents cristaux de glace. Le quadrillage est en centimètres. Photo : R. Koerner

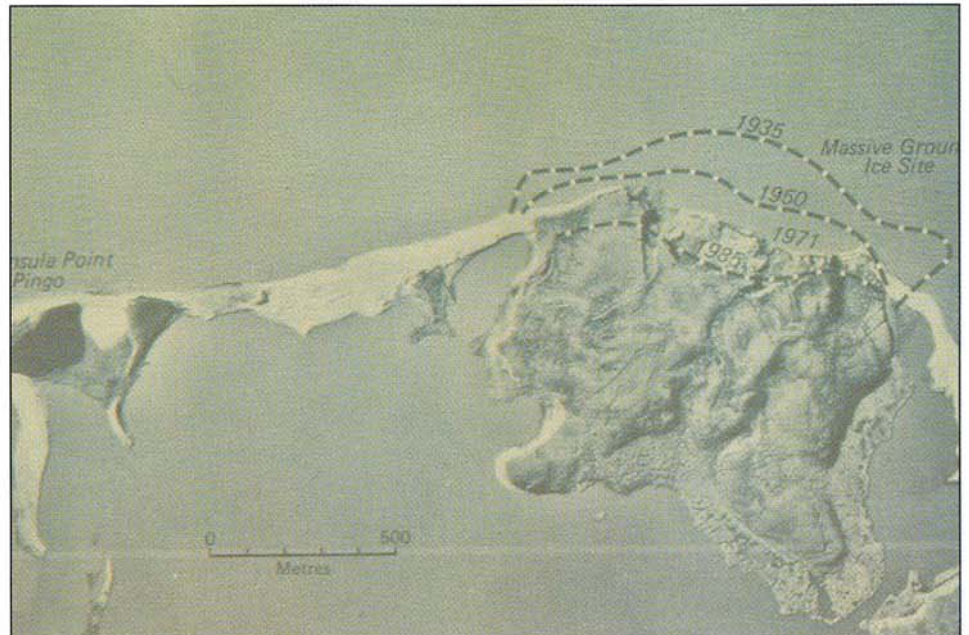
des températures à la surface des mers, croissance des déserts et modification de la distribution de la végétation. D'autres processus, tous d'origine humaine, contribuent au changement planétaire : infiltration d'eau salée dans des réservoirs d'eau douce, déforestation, submersion des littoraux et salinisation des sols.

Le Programme international de la géosphère-biosphère est le projet scientifique international le plus ambitieux et le plus universel jamais entrepris pour contrer des menaces environnementales. La CGC y apporte une contribution unique, en étudiant les périodes de l'histoire géologique qui ont été marquées par des changements rapides et leurs effets sur les océans, l'atmosphère et les systèmes terrestres.

Au fil des ans, la CGC a constitué une base de données géologiques qui peut maintenant être mise à profit dans la recherche environnementale. Par exemple, on peut s'en servir pour évaluer les risques de dommages par les pluies acides dans différentes régions.

La CGC aide également à évaluer les implications environnementales de la production des minéraux et de l'énergie dans les diverses régions du Canada, par exemple dans les exploitations pétrolières et gazières de la mer de Beaufort et dans les sites miniers.

Si l'activité humaine bouleverse l'environnement, l'inverse est également



vrai. C'est pourquoi la CGC gère un réseau sismographique comptant une centaine de stations d'enregistrement réparties à travers le Canada, qui aide à circonscrire les zones où les plus violents tremblements de terre sont susceptibles de se produire. Les géophysiciens de la CGC s'emploient également à prévoir et à observer les orages magnétiques, en tentant de déterminer leur intensité et le moment où ils se produisent, afin d'en atténuer les effets sur les industries canadiennes.

La CGC fournit des renseignements indispensables sur les effets des glissements de terrain, des volcans, des ondes de marée, des inondations et des autres phénomènes qui constituent des dangers naturels, et sur la probabilité qu'ils se

environnementaux. The GSC has established three Global Change Observatories — in the High Arctic, Mackenzie Valley and southern prairies — to help understand past and present environmental conditions so that researchers will be in a better position to assess the nature and significance of global change. Canada's three coastal regions are currently being studied to determine the effects of changing sea levels on shorelines and the people who live nearby.

The GSC has also launched several research projects to study the ramifications of

Coastal retreat in area of ice-rich terrain, near Tuktoyaktuk, Beaufort Sea.

Retrait de la côte sur une étendue de terrain riche en glace, près de Tuktoyaktuk, sur la mer de Beaufort.

produisent. On y prépare un Atlas paléo-environnemental et une série de cartes des dangers naturels au Canada pour ainsi contribuer à dresser un meilleur portrait mondial du changement planétaire.

La CGC est reconnue à travers le monde pour ses études sur les changements planétaires, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique, et pour sa capacité de prévoir les problèmes environnementaux et de fixer les formes et les normes de la recherche scientifique.

melting permafrost and is currently developing tools and techniques for investigating the distribution and stability of permafrost and ground ice.

Each year, GSC scientists travel to the High Arctic to retrieve core samples from snow, ice caps and glaciers. Analysis of these samples can help determine past climates and temperatures and the atmosphere's changing composition.

The geological record of the past is the key to understanding today's environment. It shows that temperature is closely linked to carbon dioxide levels in the atmosphere and that a continued build-up of this and other 'greenhouse gases' will likely lead to a rapid and disruptive change in world climate.

Global change is considerably more than just climate warming. The world is facing such environmental phenomena as changes in sea-surface temperatures, the growth of deserts and altered vegetation patterns. The

Rapid coastal erosion caused by block failures at Key Point, Yukon in July, 1987.

Photo: S. Dallimore

intrusion of salt water into fresh water reservoirs, deforestation, submerging shorelines and salinization of soils all result from human activity and are contributing factors to global change.

The International Geosphere-Biosphere Program is the most ambitious and wide-ranging global scientific project yet undertaken to address environmental threats. The Survey makes a unique contribution to this program with its research into past periods of rapid change and their effects on oceans, atmosphere and terrestrial systems.

Over the years, the GSC has built up a database of geological information which can now be applied to environmental research. For example, geological data can be used to assess the potential for acid rain damage in different regions.

The Survey also helps evaluate the environmental implications of proposed mineral and energy projects in various regions of Canada, for example Beaufort Sea oil and gas developments and mine sites.

Humans not only affect their environment, they are also affected by it. The GSC's network of some 100 seismograph stations across Canada helps determine areas of greatest earthquake occurrence. GSC scientists also predict and monitor the timing and intensity of magnetic storms in an effort to mitigate their effects on Canadian industries.

The GSC provides crucial information about the effects and potential risks of such natural hazards as landslides, volcanoes, tidal waves, floods and ground stability. A paleoenvironmental atlas and a series of natural hazard maps for Canada are being prepared to enhance the broader international picture of global change.

The Survey is recognized worldwide for its studies of both natural and man-made global change, and for its ability to anticipate environmental concerns and to set standards and formats for scientific research.

Adapted by Martha Armstrong from GSC publication *The Science of Change*.



Érosion rapide de la côte, causée par des ruptures en blocs à Key Point, au Yukon, en juillet 1987. Photo : S. Dallimore.

Adaptation, par Martha Armstrong, de la publication *La science du changement* de la CGC.

WHAT'S IN A NAME?

More than 3000 minerals have been recognized and named. Each year, worldwide research by mineralogists adds about 100 new minerals to the list. New mineral names are approved by the Commission of New Minerals and New Mineral Names established in 1959 by the International Mineralogical Association.

Minerals can be named after a locality (athabascaite), an institution (mcgillite), the chemical composition (cobaltite) or in honour of a person. The mineralogist who has conducted the scientific study to determine a new mineral normally has the privilege of suggesting its name to the International Committee.

La weloganite a été découverte en 1966 par Ann Sabina, minéralogiste de la CGC, tandis qu'elle examinait des indices de minéraux dans une carrière de calcaire de la région de Montréal. John Jambor et George Plant, également de la CGC, ont étudié la composition du minéral et ont découvert un nouveau carbonate à strontium et zirconium.

Ce minéral a été baptisé en l'honneur du premier directeur de la CGC, William E. Logan. En 1851, le géologue T. Sterry Hunt avait donné le nom de «loganite» à un minéral découvert dans l'île Calumet, sur la rivière des Outaouais, mais Dana, dans la cinquième édition de son System of Mineralogy (1868), a refusé d'accorder à ce minéral le rang d'espèce. Demeuré disponible, le nom «loganite» a été considéré, en même temps que «weloganite», pour désigner le nouveau minéral. C'est finalement ce dernier qui a été retenu par la Commission en 1968. La weloganite a une couleur blanche, jaune citron ou ambre, et renferme des fragments incolores et transparents.

Weloganite was discovered in 1966 by GSC mineralogist Ann Sabina who was investigating mineral occurrences in a Montreal area limestone quarry. The GSC's John Jambor and George Plant conducted a study of the mineral's composition, discovering a new strontium zirconium carbonate.

The mineral is named after the GSC's first director, William E. Logan. In 1851, the Survey's T. Sterry Hunt had given the name loganite to a mineral from Calumet Island in the Ottawa River. But the Fifth Edition of Dana's System of Mineralogy (1868) denied it species stature and so both loganite and weloganite were considered as possible names for the new mineral. The name weloganite was approved by the Commission in 1968. The mineral is white, lemon-yellow or amber in colour with colourless and transparent fragments.



LES MINÉRAUX ET LEURS NOMS

Plus de 3 000 minéraux ont été identifiés et nommés jusqu'ici. Chaque année, la liste s'allonge d'une centaine de nouveaux minéraux que découvrent les minéralogistes du monde entier. Les noms de ces minéraux sont approuvés par la **Commission of New Minerals and New Mineral Names**, qui a été constituée en 1959 par l'Association internationale de minéralogie.

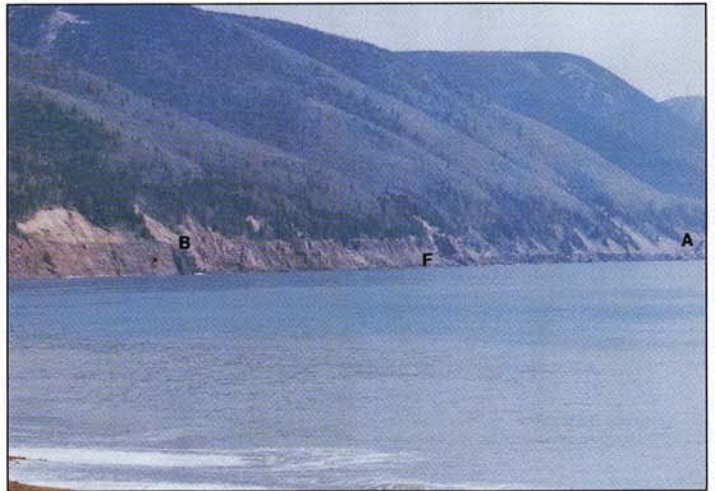
Les minéraux peuvent être nommés d'après une localité (athabascaite), un établissement (mcgillite), la composition chimique (cobaltite) ou une personne. En règle générale, le minéralogiste qui a effectué l'étude scientifique ayant conduit à la découverte d'un nouveau minéral a le privilège de suggérer son nom à la Commission internationale.

GEOSITES — Interpreting the Canadian Landscape

Canada is famous for its impressive scenery and unique geological sites. GSC scientists have often been among the first to discover and note the importance of the country's stunning geological features. Here are just a few examples.

1 *Aspy Fault, northern Cape Breton Island, Nova Scotia*

Aspy Fault is evidence of the forces which constantly change the earth's surface. Here, an abruptly offset beach level indicates recent movement on the fault. GSC geologist Ward Neale first noticed this important feature in 1963 and the GSC's Doug Grant pinpointed the movement to Aspy Fault in 1974. The fault dates from Carboniferous time and juxtaposes resistant Precambrian rocks against weaker Palaeozoic sedimentary rocks. Erosion has exposed the fault plane by cutting away the weaker rocks and leaving the harder rock as a highland massif. A beach level, dating from the last interglaciation when sea level was higher, is seen as a rock platform about 7 m above tide level on the right (A). This level is abruptly upthrown to 22 m at Aspy Fault (F) and continues at this elevation to the left where it is overlain by deposits of the last glaciation (B). **Photo: D. Grant**



2 *Ballast Brook Formation, Northwest Territories*

The incredible fossil record at this site shows the dramatic climatic and environmental change the Arctic has undergone over the past 20 million years. The exposure, approximately 70 m in thickness, is located on Ballast Brook, northern Banks Island. The dark horizontal band marks peat deposited over thousands of years in a cypress swamp similar to those now seen in North Carolina. The peat bed and associated sediments also contain the remains of trees which now grow far to the south in North America and Asia. The swamp deposits are probably about 18 million years old. Sediments above the peaty zone were deposited after a long gap in time and are approximately four million years old. Fossils from these sediments represent vegetation that is a precursor to the modern Arctic. Today's northern environment evolved by gradual change and retreat of the treeline, speeded up after 2.5 million years by the onset of the ice age. **Photo: J. Matthews**



3 *Glacial and interglacial record on Banks Island, Northwest Territories*

At the mouth of the Nelson River on Banks Island in the High Arctic a geological feature shows one of the longest and most detailed records of glacial and interglacial episodes in northern Canada. This 50-m-high section in Quaternary deposits was first discovered and studied by GSC geologist Jean-Serge Vincent in 1975. Glacial and associated marine deposits related to the advance and retreat of three distinct continental glaciers, and fossil-rich nonglacial deposits recording two full interglacial intervals, are preserved, providing an unparalleled opportunity to study major geological events which have affected Canada's Arctic. **Photo: J-S. Vincent**

4,4a *Pyke Hill komatiites, Ontario*

Scientists once thought magnesium-rich volcanic rocks (komatiites) could not reach the earth's surface in molten form because they would crystallize first. However, the komatiites at Pyke Hill, about 85 km east of Timmins, Ontario, disprove this theory. Close examination of the outcrop reveals thin, randomly oriented platelike crystals of olivine (blue in inset), which form the diagnostic 'spinifex' texture, and microscopic frond-like pyroxene crystals. This indicates crystallization from super-cooled liquid, proving that such rocks were indeed true volcanic flows, extruded on the seafloor. The site's significance was first noted in 1972 and GSC's Roger Eckstrand took part in the subsequent field examination that unravelled the rocks' volcanic origin. The area has become a classic field example for those studying komatiitic volcanic rocks. **Photo: R. Eckstrand**



5 *Wells Grey Park lava flows, British Columbia*

British Columbia has a fiery past. It has experienced numerous volcanic eruptions, some extremely violent, similar to those at Mount St. Helens in 1980. Other volcanic eruptions involve more benign processes such as the quiet expulsion of lava, seen in this flow in Wells Grey Provincial Park. GSC scientists are studying the flow, which is only a few hundred years old, to understand when and why it erupted and to help them prepare for any future eruption in British Columbia and the hazard it may pose. **Photo: C. Hickson**

Les sites géologiques et l'interprétation du paysage canadien

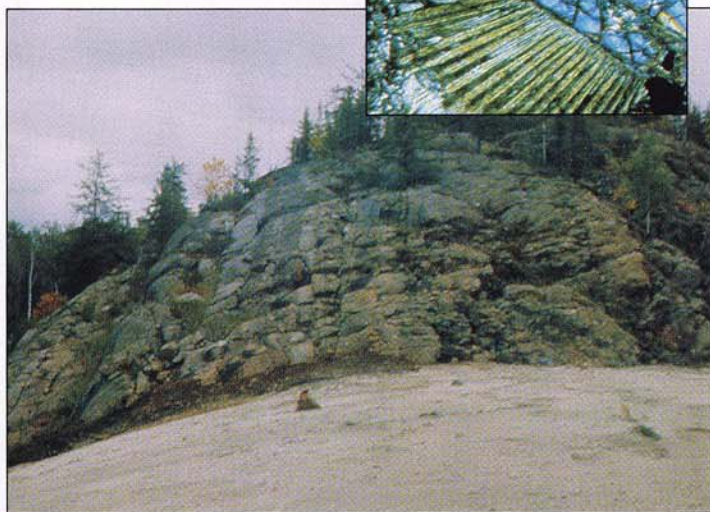
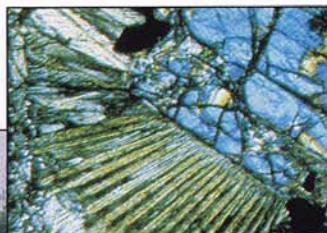
Le Canada est réputé pour ses paysages grandioses et pour ses sites géologiques qui n'ont, nulle part ailleurs dans le monde, leur équivalent. Les scientifiques de la CGC ont souvent été parmi les premiers à découvrir et à signaler l'existence des merveilles géologiques du pays. En voici quelques exemples.

1 La faille d'Aspy, dans le nord de l'île du Cap-Breton, Nouvelle-Écosse

La faille d'Aspy est une manifestation des forces qui modifient constamment la surface de la planète. La brusque dénivellation de la plage montrée sur cette photo indique un mouvement récent le long de la faille. Le premier à avoir observé cet important phénomène est le géologue Ward Neale, de la CGC, en 1963. Onze ans plus tard, Doug Grant, un autre géologue de la CGC, a rapporté ce déplacement à la faille d'Aspy. D'âge carbonifère, cette faille juxtapose des roches résistantes du Précambrien à des roches sédimentaires moins résistantes du Paléozoïque. L'érosion a mis à nu le plan de faille par ablation de la roche tendre, en laissant un massif de roche dure. Environ 7 m au-dessus du niveau de la marée, à droite (A), on aperçoit une plate-forme rocheuse qui est en fait une plage formée durant le dernier interglaciaire, à une époque où le niveau marin était plus élevé. Cette plate-forme est abruptement soulevée par la faille d'Aspy (F) jusqu'à une altitude de 22 m et se prolonge à cette altitude vers la gauche, où elle est recouverte de dépôts de la dernière glaciation

(B). **Photo : D. Grant**

4a



4



5

2 La Formation de Ballast Brook, Territoires du Nord-Ouest

L'incroyable richesse de fossiles que l'on trouve à cet endroit met en évidence les changements radicaux, climatiques et environnementaux, que l'Arctique a subis depuis 20 millions d'années. D'une épaisseur approximative de 70 m, cet affleurement est situé en bordure du ruisseau Ballast, dans le nord de l'île Banks. La bande horizontale foncée correspond à de la tourbe qui s'est accumulée sur une période de plusieurs milliers d'années dans un marécage à cyprès semblable à ceux que l'on observe de nos jours en Caroline du Nord. Le lit de tourbe et les sédiments associés renferment également les restes de certains arbres qui poussent actuellement beaucoup plus au sud en Amérique du Nord et en Asie. Les dépôts du marécage ont probablement 18 millions d'années environ. Les sédiments qui recouvrent la zone tourbeuse se sont déposés après un long intervalle, il y a environ quatre millions d'années. Leurs fossiles représentent une végétation qui annonce les conditions actuelles de l'Arctique. L'environnement de nos régions nordiques, comme nous le connaissons aujourd'hui, est le résultat d'une évolution qui s'est opérée progressivement par reculs successifs de la ligne des arbres et qui s'est accélérée au bout de 2,5 millions d'années, alors que débutait l'âge glaciaire.

Photo : J. Matthews

3 Les sédiments glaciaires et interglaciaires de l'île Banks, Territoires du Nord-Ouest

À l'embouchure de la rivière Nelson, sur l'île Banks, dans le Haut-Arctique, une entité géologique renferme une séquence d'épisodes glaciaires et interglaciaires parmi les plus longues et les plus détaillées qui nous aient été conservées dans le Nord du Canada. Cette coupe de 50 m de hauteur, taillée dans des dépôts quaternaires, a été découverte et étudiée en 1975 par Jean-Serge Vincent, géologue de la CGC. Elle renferme des dépôts glaciaires et glaciomarins formés par l'avancée et le retrait de trois glaciers continentaux distincts, ainsi que des dépôts non glaciaires riches en fossiles qui représentent deux interglaciaires complets; elle constitue un site d'observation unique pour l'étude des événements géologiques majeurs qui ont affecté l'Arctique canadien. **Photo : J-S. Vincent**

4 Les komatiïtes de Pyke Hill, en Ontario

Les scientifiques croyaient naguère que les roches volcaniques riches en magnésium (komatiïtes) ne pouvaient remonter jusqu'à la surface de la Terre à l'état fondu, parce qu'elles cristallisaient avant d'atteindre la surface. Or, cette théorie est infirmée par les komatiïtes de Pyke Hill, environ 85 km à l'est de Timmins, en Ontario. Un examen attentif de l'affleurement met en évidence la présence de minces cristaux tabulaires d'olivine sans orientation précise (bleu en mortaise), qui forment la texture caractéristique dite «spinifex», ainsi que des cristaux aciculaires microscopiques de pyroxène. Ces cristaux indiquent une cristallisation d'un liquide soumis à un refroidissement très rapide, ce qui prouve que ces roches sont en fait de véritables coulées volcaniques épanchées sur le fond marin. L'importance de ce site a été notée la première fois en 1972, et Roger Eckstrand, de la CGC, a participé à l'étude qui a permis de découvrir l'origine volcanique des roches. Le cas de Pyke Hill est un classique dans l'étude des roches volcaniques komatiïtiques. **Photo : R. Eckstrand**

5 Les coulées de lave du parc provincial Wells Grey, Colombie-Britannique

Le territoire occupé actuellement par la Colombie-Britannique a subi, au cours de son histoire, un grand nombre d'éruptions volcaniques, certaines d'une extrême violence, comparables à celles du mont St. Helens en 1980. Mais le volcanisme a parfois des manifestations plus discrètes, comme l'atteste cette coulée de lave épanchée lentement dans le parc provincial Wells Grey. Les scientifiques de la CGC étudient cette coulée, qui date de quelques centaines d'années à peine, pour comprendre quand et pourquoi la lave a été expulsée, et pour parer à l'éventualité d'une autre éruption.

Photo : C. Hickson.

DID YOU KNOW?

There are over 280 sites in the world which are protected as United Nations World Heritage Sites because of their natural or cultural value. Ten of these areas are in Canada, including the following three which are recognized world-wide for their geological significance.

6 Gros Morne National Park, Newfoundland

Covering 2000 km² on Newfoundland's west coast, this park's barren rocky ridges and tundralike slopes contrast sharply with boggy coastal plains and forested foothills. The grinding action of glaciers on the ancient Long Range Mountains created this spectacular landscape. The park's 600-m-high Tableland is one of the best exposures of material from the earth's mantle, which normally lies many miles below the crust. The forces that shifted the continents broke loose a huge fragment of mantle and forced it up to overlap the crust. The area is also noted for its fjordlike inlets and raised beaches. The park is centred around Gros Morne, Newfoundland's second highest mountain (793 m). **Photo: Canadian Parks Service.**

7 Dinosaur Provincial Park, Alberta

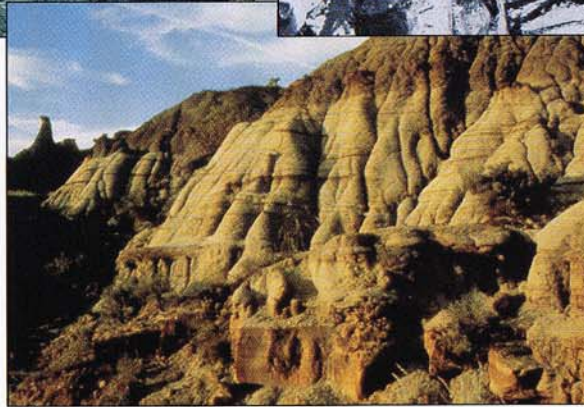
Located in the southern area of Alberta's badlands, this 90 km² park contains the fossilized remains of dinosaurs, reptiles, amphibians, birds and primitive animals, making it one of the largest and most diverse fossil-bearing areas in the world. Dinosaur bones were first discovered in Alberta by the GSC's Joseph B. Tyrrell in 1884 while he was inspecting coal seams on the Red Deer River. In the 1890s, GSC geologist Thomas Weston discovered the fossil-bearing badlands which now make up Dinosaur Provincial Park. The region's characteristic



6

6 Le parc national de Gros Morne, Terre-Neuve

Avec ses massifs rocheux dénudés et ses talus rappelant la toundra, qui couvrent une superficie de 2 000 km² sur la côte ouest de Terre-Neuve, cette partie du parc national de Gros Morne forme un contraste frappant avec les plaines côtières marécageuses et les contreforts boisés. Ce paysage spectaculaire a été sculpté par l'action abrasive des glaciers sur la très vieille chaîne Long Range. D'une hauteur de 600 m, le Tableland est un des meilleurs affleurements de roche provenant du manteau, matière qui gît normalement à plusieurs milles sous la croûte terrestre. Les forces qui ont déplacé les continents ont détaché un immense fragment du manteau et l'ont charrié sur la croûte. Cette région se distingue également par ses indentations semblables à des fjords et par ses plages soulevées. Au centre du parc se dresse le Gros Morne, le deuxième sommet en importance à Terre-Neuve (793 m). **Photo : Service canadien des parcs.**



7 Le parc provincial Dinosaur, Alberta

Situé dans le sud des «badlands» albertains, ce parc de 90 km² contient les restes fossilisés de dinosaures, de reptiles, d'amphibiens, de volatiles et d'animaux primitifs, qui en font un des sites fossilifères les plus vastes et les plus variés au monde. En 1884, Thomas Weston, géologue de la CGC, découvrait des ossements de dinosaures en Alberta, alors qu'il inspectait des couches de charbon en bordure de la rivière Red Deer. Dans la décennie 1890, le géologue Thomas Weston, également de la Commission, a découvert les badlands fossilifères dont on a fait le parc provincial

hoodoos and gullies formed as a result of erosion processes following the last ice age. **Photo: Canadian Parks Service.**

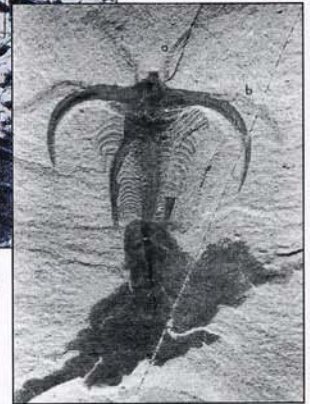
8, 8a Burgess Shale, British Columbia

Most fossils result from the imprint of the hard parts of plants and animals. But this site, in Yoho National Park, British Columbia, is unique because it contains a collection of both hard and soft body parts of life forms from 500 million years ago. The Burgess Shale fossil beds were discovered in 1909 by Charles D. Walcott, Secretary of the Smithsonian Institution (one of Walcott's camps is shown here). Since then, scientists, including GSC geologists, have recovered tens of thousands of exquisitely preserved arthropods, worms, sponges, algae and molluscs which still showed imprints of their soft body parts. Researchers believe that rapid burial in deep water where there were very low levels of oxygen, and thus low rates of organic decay, was probably the most important factor contributing to the preservation of these specimens.

(Inset: *Marella*, a soft-bodied arthropod.)



8



8a

Dinosaures. Les cheminées de fée et les ravines caractéristiques de la région ont été sculptées par l'érosion après le dernier âge glaciaire.

Photo : Service canadien des parcs

8, 8a. Le Shale de Burgess, Colombie-Britannique

Les fossiles représentent habituellement l'empreinte des parties dures des végétaux et des animaux. Or le site que nous voyons sur cette photo, situé dans le parc national Yoho, en Colombie-Britannique, renferme une collection de parties dures et de parties molles des certaines formes de vie ayant existé il y a 500 millions d'années. Les couches fossilifères du Shale de Burgess ont été découvertes en 1909 par Charles D. Walcott, Secrétaire de la Smithsonian Institution (on aperçoit ici un des camps occupés par Walcott). Depuis, plusieurs scientifiques, notamment des géologues de la CGC, ont récupéré des dizaines de milliers d'arthropodes, de vers, de spongiaires, d'algues et de mollusques admirablement conservés sous forme de fossiles qui laissent voir les parties molles du corps. Les chercheurs attribuent principalement la qualité de préservation de ces spécimens à un enfouissement rapide dans une eau profonde caractérisée par de très faibles concentrations d'oxygène et, en conséquence, de faibles taux de décomposition de la matière organique. **(En mortaise, Marella, un arthropode à corps mou)**

SAVIEZ-VOUS QUE...?

Dans le monde, plus de 280 sites ont été déclarés sites du patrimoine mondial par les Nations Unies, en raison de leur valeur naturelle ou culturelle. Dix d'entre eux se trouvent au Canada; les trois en haut sont reconnus dans le monde entier pour leur importance géologique.

CLIMBING MOUNT LOGAN

by **Martha Armstrong**

It stands in the Yukon's St. Elias mountain range, towering over all other mountains in Canada, and all but one in North America. Its base probably covers more area than any other mountain massif in the world and it is named after the founder of the Geological Survey of Canada, Sir William Edmond Logan.

The exact elevation of Mount Logan is still unknown. Current elevation measurements for the mountain go from 5950 to 6050 m.

"Several different surveys have been done over the years," says the GSC's Michael Schmidt. "Depending on what their points of reference were and how the survey was done — there were different (elevation) values."

In May, Schmidt will lead an expedition to climb Mount Logan and measure its exact height, this time using the Global Positioning System (GPS).

"GPS is a satellite-based radio-positioning system being developed by the U.S. Department of Defence," says Schmidt. "Basically, the way the system works is that if you know the location of several points and you measure distances from an unknown point to the known positions, then you can figure out where the unknown point is."

"We know where the satellites are, so we carry a very small portable receiver to the summit and measure the distances and the ranges from these satellites to this receiver over a time period of about four to six hours on two separate dates. This will give us a precise measurement of Mount Logan's elevation."

The Mount Logan climb was suggested by Schmidt as a way to help celebrate

Mount Logan. Photo: Canadian Parks Service

Mont Logan. Photo: Service canadien des parcs

connue de plusieurs autres points et de mesures de la distance entre les points».

«Nous savons où se trouvent les satellites et nous apportons donc avec nous au sommet un très petit récepteur portatif afin de mesurer les distances entre ces satellites et le

récepteur pendant un intervalle d'environ quatre à six heures et ce à deux dates distinctes, ce qui nous fournira une mesure très précise de l'altitude du mont Logan».

L'ascension du mont Logan a été proposée par M. Schmidt dans le cadre des célébrations entourant le 150^e anniversaire de la Commission géologique qui coïncide avec le 125^e anniversaire du Canada et le 50^e anniversaire de la route de l'Alaska.

La Société géographique royale du Canada organise l'ascension Logan '92 et la CGC s'associe pour l'expédition avec la Division des levés géodésiques et le Service canadien des parcs.



L'ASCENSION DU MONT LOGAN

par **Martha Armstrong**

Il s'élève dans la chaîne des monts St. Elias au Yukon d'où il domine toutes les autres montagnes du Canada et même tous les autres sommets d'Amérique du Nord sauf un seul. À sa base il couvre probablement une plus grande superficie que tout autre massif montagneux au monde et il a été nommé en l'honneur du fondateur de la Commission géologique du Canada, Sir William Edmond Logan.

L'on ne connaît cependant pas encore l'altitude précise du mont Logan. D'après les mesures actuelles elle se situerait entre 5950 et 6050 m.

Michael Schmidt de la CGC nous confie que «plusieurs levés ont été exécutés au fil des ans et ont fourni des valeurs différentes (de l'altitude) selon les méthodes et les points de référence utilisés».

Au mois de mai, M. Schmidt dirigera une expédition d'ascension du mont Logan et de mesure de son altitude précise, cette fois au moyen du Système de positionnement global (Global Positioning System, GPS).

«Le GPS est un système de radio-positionnement par satellites actuellement mis au point par le ministère américain de la défense» de déclarer M. Schmidt. «Essentiellement il permet de déterminer la position d'un point d'après la position

the Survey's 150th Anniversary. It also coincides with Canada's 125th Birthday and the 50th Anniversary of the Alaska Highway.

The Royal Canadian Geographical Society is organizing the climb, Logan '92, while the GSC, along with the Canadian Geodetic Survey and Canadian Parks Service, are partners in the expedition.

Schmidt and his team of 12 will start the climb on May 11 following the same route used for the first successful ascent in 1925. The expedition will last about five weeks to allow climbers to acclimatize.

Well known arctic scientist and project manager for the Society, George Hobson, says the climb's main purpose is research. "We're not climbing the mountain just

because it's there... we're going to do some geology along the way."

Some members of the expedition team will collect rock samples at regular intervals on the mountain in order to determine the uplift rate and the massif's age. By analyzing feldspar minerals in the rocks, the scientists will be able to tell approximately when the rocks cooled from a near-molten state. Determining the difference in cooling times between rocks collected at different elevations will help indicate how fast the mountain rose in the past.

"It's one of the most uplifting hunks of rock in North America and perhaps the world," jokes Hobson.

Schmidt explains that the St. Elias mountain range is one of the most tectonically active

areas in Canada and uplift still occurs. "Just how much is it (Mount Logan) growing? That's one question to which we don't know the answer."

The expedition team will also place a survey monument close to the summit, and perhaps several more on either side of a fault which bisects the massif. The monuments could become part of a regional network to monitor tectonic uplift and crustal movement.

It will be some time before the results of most of this research are known, but one answer is expected by Canada Day. On July 1, the actual elevation of Mount Logan will be officially announced.

M. Schmidt et son équipement de onze personnes entreprendront l'ascension de 11 mai et suivront la même route qui a été utilisée lors de la première ascension réussie en 1925. L'expédition durera environ cinq semaines de manière à permettre aux alpinistes de s'acclimater.

Le directeur du projet pour la Société et spécialiste bien connu de l'Arctique, George Hobson mentionne que la recherche est le principal objet de l'ascension. «Nous ne faisons pas l'ascension de cette montagne uniquement parce qu'elle est là... nous en profiterons pour exécuter des travaux géologiques en route».

Certains membres de l'expédition recueilleront des échantillons de roches à intervalles réguliers sur la montagne afin de

déterminer la vitesse du soulèvement ainsi que l'âge du massif. L'analyse des minéraux feldspathiques des roches permet aux scientifiques de déterminer approximativement à quel moment les roches se sont refroidies après leur solidification. La détermination de différences entre les époques de refroidissement de roches recueillies à différentes altitudes aidera à indiquer à quelle vitesse la montagne s'est soulevée par le passé.

«C'est un bloc de roche subissant l'un des plus importants soulèvements en Amérique du Nord et peut-être dans le monde» de blaguer Hobson.

Schmidt explique que la chaîne des St. Elias est l'une des régions les plus tectoniquement actives du Canada et que le

soulèvement s'y poursuit. «À quelle vitesse précise s'élève-t-il (le mont Logan)? C'est l'une des questions auxquelles nous n'avons pas de réponse».

L'équipe de l'expédition placera également un repère de levé à proximité du sommet et peut-être plusieurs autres de part et d'autre d'une faille bisectant le massif. Ces repères devraient être intégrés à un réseau régional implanté pour la surveillance du soulèvement tectonique et du déplacement crustal.

La plupart des résultats de cette recherche ne seront pas connus avant un certain temps, mais l'une des réponses est attendue pour la fête du Canada; le premier juillet l'altitude véritable du mont Logan sera officiellement annoncée.

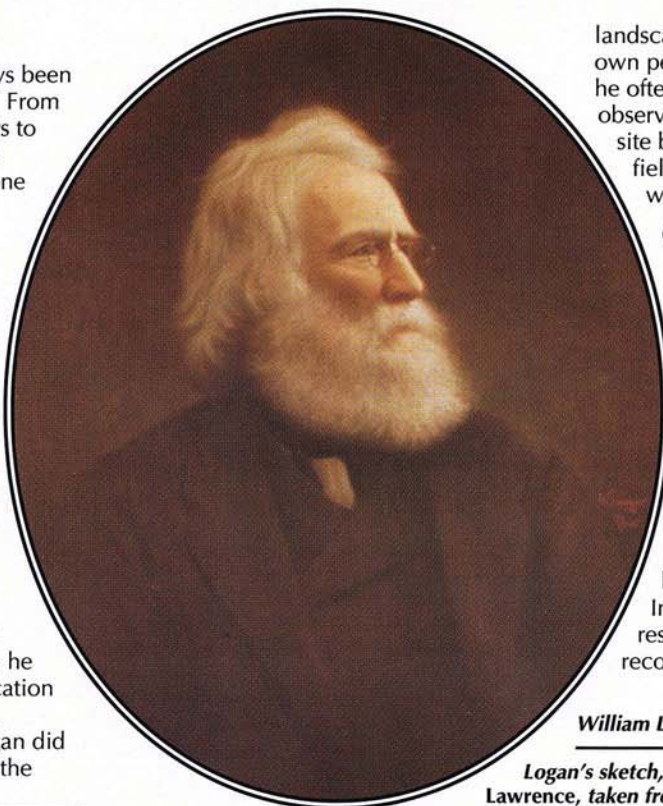
WHERE GEOLOGY AND ART MEET

by Christy Vodden

Canada's beautiful scenery has always been a rich source of inspiration to artists. From the notebooks of the earliest explorers to the easels of contemporary Canadian artists, portrayal of the landscape is one of the most enduring themes in Canadian art.

It should come as little surprise that geologists have made a contribution in this area. After all, keen observation of the landscape is one of the most fundamental activities of geology. Consider too, that geologists were often the first explorers to reach many parts of Canada and even today travel extensively to the most remote parts of our country.

William Logan, founder and first director of the Geological Survey of Canada (1842 - 1869), was born to a well-to-do Montreal family. As such, he would have received a classical education that included training in the fine arts. Throughout his extensive travels, Logan did many water colours and drawings of the



landscapes of Canada and Europe for his own personal enjoyment. While working, he often supplemented his geological observations with thumbnail sketches of the site being studied. Drawings from his field journals tell us much about field work in those days.

George Mercer Dawson was the GSC's third director (1895 - 1901), and one of its most impressive explorers. Despite physical problems caused by a childhood illness, Dawson charted the Yukon wilderness a full decade before the Gold Rush of 1898 (Dawson City is named in his honour). He, too, was an accomplished artist and his field journals include many fine drawings. More important, a happy combination of his artist's eye and his fascination with the West Coast Indian tribes he met in his travels resulted in a priceless photographic record of the Haida Indians in the 1870s

William Logan

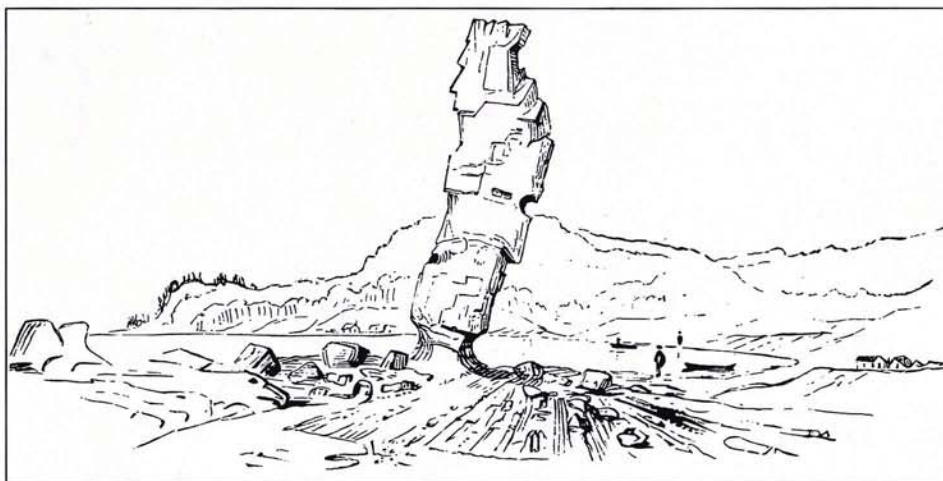
Logan's sketch, Pillar Sandstones of Tourelle, Lower St. Lawrence, taken from his 1844 note book.

QUAND L'OEIL DU GÉOLOGUE ET L'OEIL DE L'ARTISTE NE FONT QU'UN

par Christy Vodden

Les splendides paysages du Canada ont toujours été une source prolifique d'inspiration pour les artistes. Du carnet de notes des premiers explorateurs jusqu'au chevalet des artistes contemporains, le paysage canadien a toujours figuré parmi les thèmes de prédilection des artistes canadiens.

Que les géologues aient apporté une contribution dans ce domaine, on ne s'en étonnera guère. Après tout, les géologues ne sont-ils pas, par définition, de fins observateurs de la nature? Sans compter que les géologues ont souvent été les premiers explorateurs à mettre le pied dans une région; encore aujourd'hui, ils se déplacent sur de grandes distances, jusque dans les contrées les plus reculées du pays.



Croquis de W. Logan intitulé Pillar Sandstones of Tourelle, Lower St. Lawrence, tiré de son carnet de notes de 1844.

William Logan, fondateur et premier directeur de la Commission géologique du Canada (1842-1869), est issu d'une famille aisée de Montréal. De formation classique, il a fait l'apprentissage des arts plastiques. Au cours de ses longs déplacements, il a produit, pour son propre plaisir, un grand nombre d'aquarelles et de dessins représentant des paysages canadiens et européens. Dans ses travaux, il lui est souvent arrivé d'illustrer ses observations géologiques de croquis sur le vif. Les dessins tirés de ses carnets de travail sont

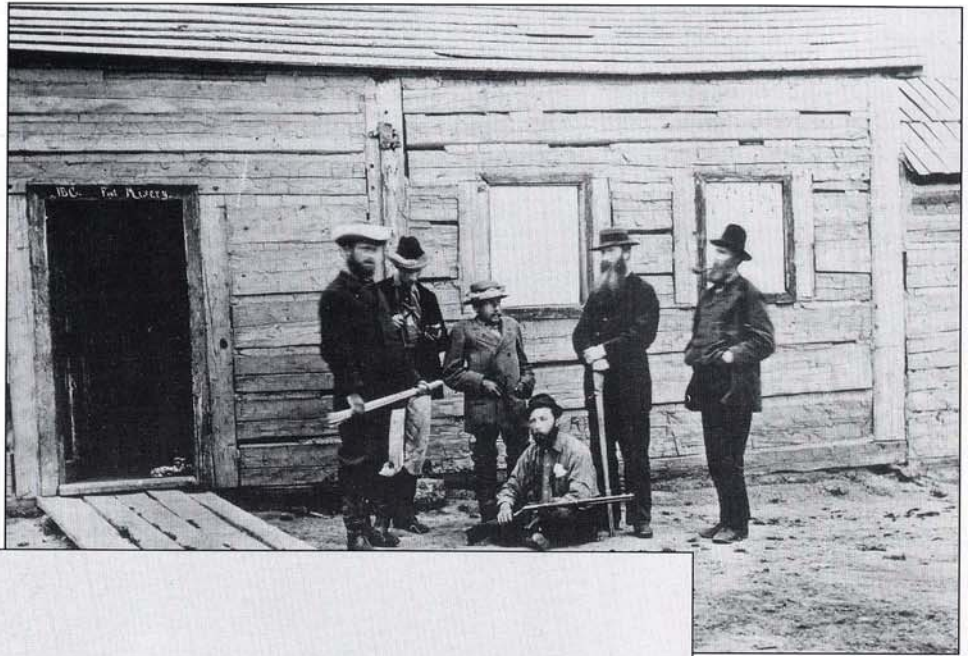
riches d'enseignement sur le travail de terrain à l'époque.

Georges Mercer Dawson a été le troisième directeur de la CGC (1895-1901) et un des explorateurs les plus impressionnants de toute l'histoire de la Commission. En dépit de problèmes physiques causés par une maladie infantile, Dawson a mis en cartes les contrées sauvages du Yukon une bonne dizaine d'années avant la Grande ruée de 1898 (la ville de Dawson City a d'ailleurs été nommée en son honneur). Lui aussi était

— a time when their totem pole artistry was at its peak.

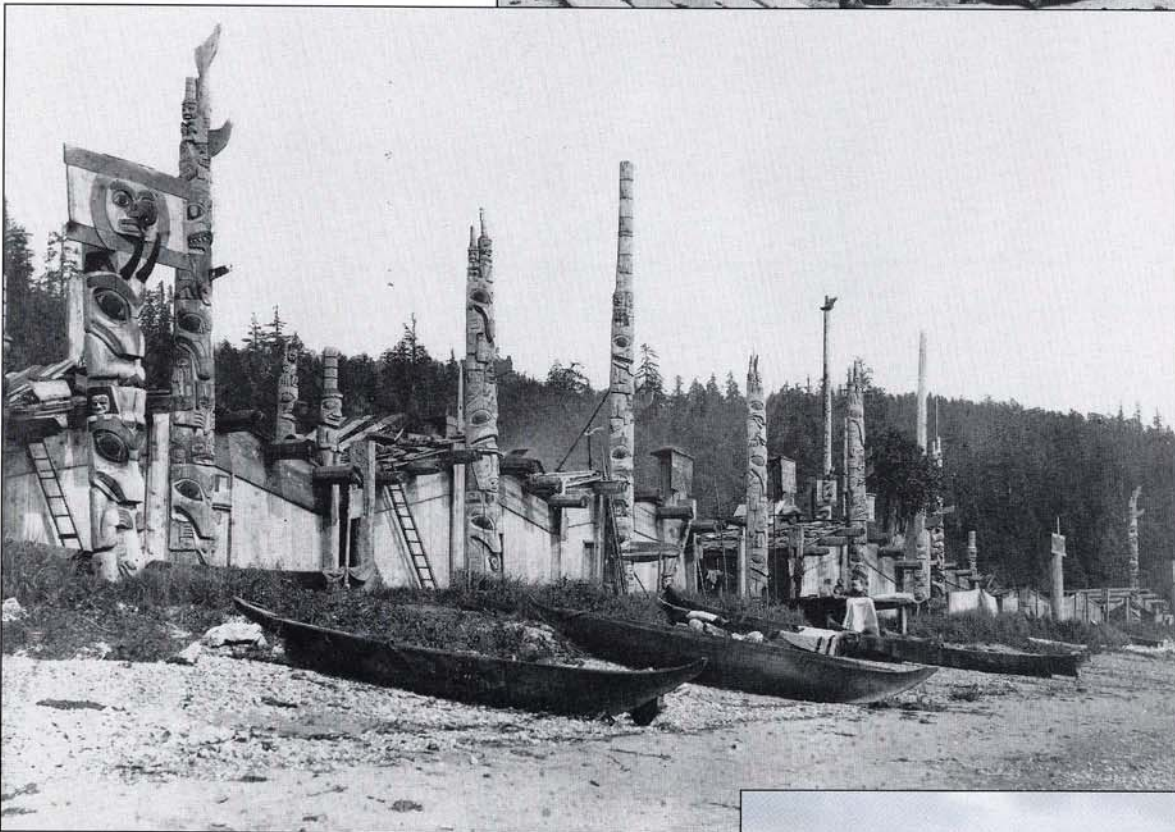
Maurice Haycock, born in Wolfville, Nova Scotia in 1900, started his 47-year career at EMR with the GSC and later joined the Mines Branch (now CANMET). Basic geological field equipment for Haycock always included a paint box, and he produced an impressive life's work of about 1000 landscape paintings very much in the Group of Seven style. Haycock was, in fact, a close friend and painting companion of A.Y. Jackson, one of the founding members of the Group of Seven.

Photo by Dawson of Skidegate Indian village, Queen Charlotte Islands, 1878.



George Mercer Dawson (centre, standing) at Fort McLeod, British Columbia, 1879.

George Mercer Dawson (au centre, debout) à Fort McLeod, en Colombie-Britannique, en 1879.



Maurice Haycock, 1900-1988, at Beechey Island, 1975. Photo: G. Hobson.

Maurice Haycock, 1900-1988, à l'île Beechey, en 1975. Photo : G. Hobson.

Photo du village de la Bande indienne de Skidegate, dans les îles de la Reine-Charlotte, en 1878.

un artiste accompli, et ses carnets de travail renferment un grand nombre de dessins très jolis. Mais on lui doit surtout une photographie des Haïdas prise dans les années 1870, à une époque où ce peuple autochtone avait porté l'art des totems à son plus haut degré. Ce document photographique est le fruit d'un mariage heureux entre un sens artistique développé et une indéniable fascination pour les tribus autochtones de la côte Ouest.

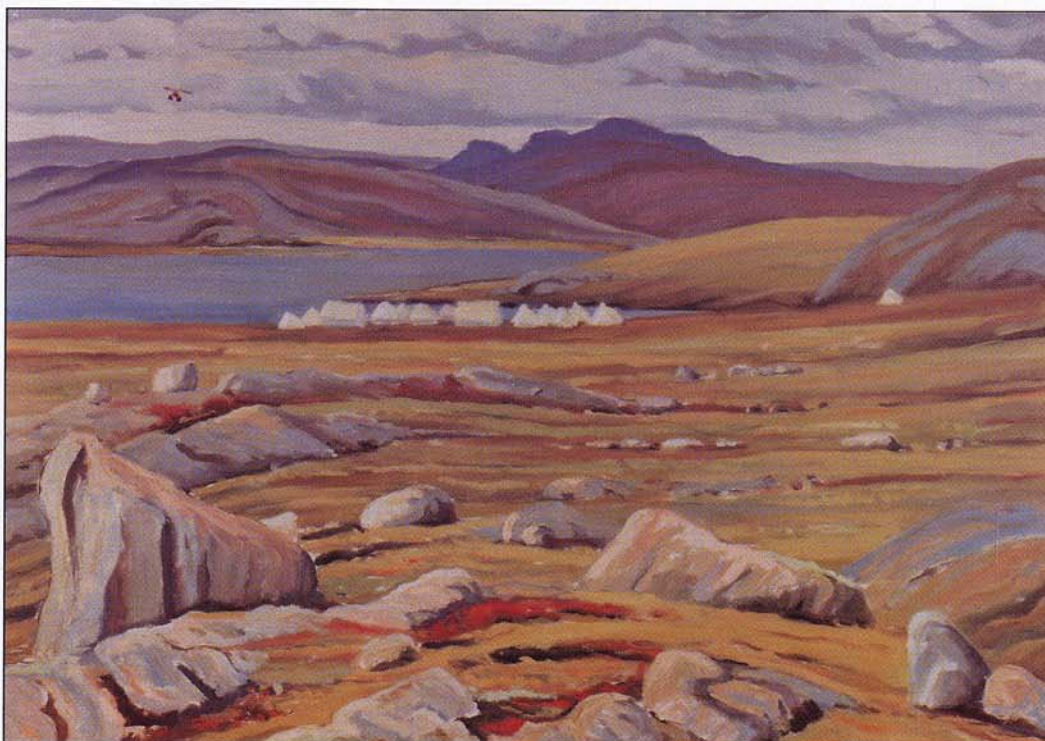
Maurice Haycock est né à Wolfville, en Nouvelle-Écosse, en 1900. Il a passé 49 ans au ministère des Mines, d'abord à la CGC, puis à la Direction des mines (maintenant CANMET). Dans tous ses déplacements, il



The meeting of geological and artistic observation of the landscape continues to this day. Survey geologists still take paintbrushes, sketchpads and cameras with them to the field, and bring back images that show the staggering beauty of Canada's diverse landscape.

Haycock's paintings capture the austere beauty of Canada's Arctic and give a glimpse of a geologist's life in the field. Operation Coppermine: 1959 shows a camp used by the GSC for one of its earliest airborne expeditions in the Arctic.

Les tableaux de Haycock rendent bien la beauté austère de l'Arctique canadien et donnent une idée de ce que devait être la vie d'un géologue sur le terrain. Operation Coppermine: 1959 fait voir un camp que la CGC a utilisé dans l'une de ses toutes premières expéditions aériennes dans l'Arctique.



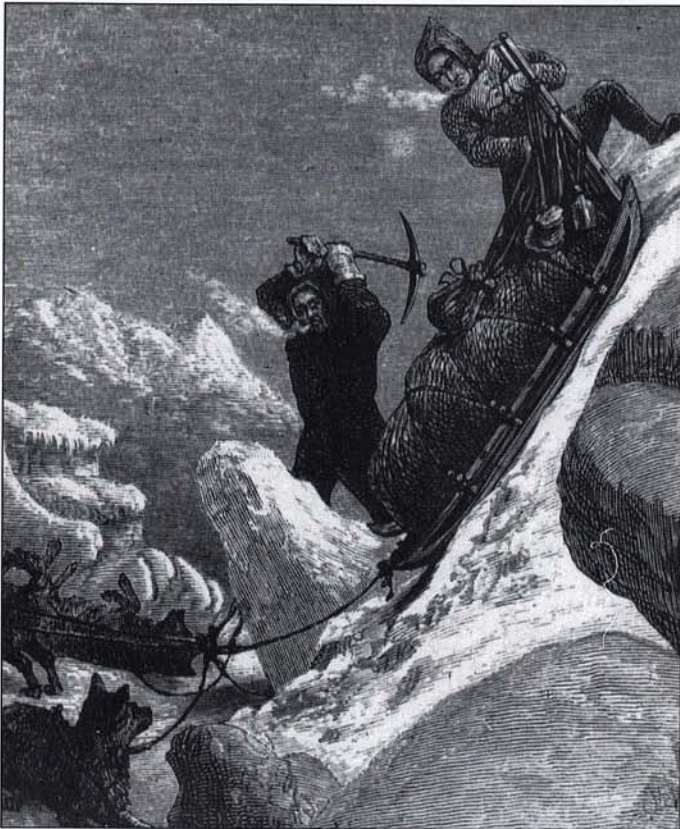
GSC's annual staff photo contest, now in its third year, attracts about 250 entries. Shown here one of the top winners for 1991: Benoit Beauchamp's shot of a person walking back to camp along the east shore of Axel Heiberg Island, Northwest Territories.

Près de 250 photos ont été soumises au concours annuel de photographies de la CGC, qui en était cette année à sa troisième édition. Voici une des photos gagnantes de 1991; prise par Benoit Beauchamp, elle montre quelqu'un à pied retournant à son camp le long de la côte orientale de l'île Axel Heiberg, dans les Territoires du Nord-Ouest.

apportait toujours ce qu'il fallait pour s'adonner à la peinture. Son oeuvre est impressionnante; elle compte près d'un millier de tableaux (des paysages pour la plupart), très proches par le style du Groupe des Sept. De fait, Haycock était très lié par l'amitié et par l'art à A.Y. Jackson, qui est précisément un des membres fondateurs du Groupe des Sept.

Encore aujourd'hui, l'oeil du géologue se confond parfois avec l'oeil de l'artiste. On voit encore des géologues emporter avec eux leurs pinceaux, leur papier à dessin et leur appareil de photographie et rapporter des images où l'on peut contempler la beauté renversante des paysages canadiens.

GEOLOGISTS' OWN ADVENTURES



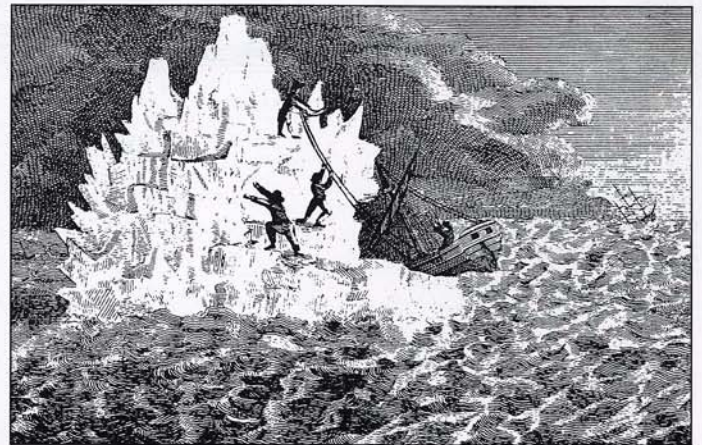
MÉSADVENTURES DE GÉOLOGUES

- Dans son livre intitulé *Sir William Logan and the Geological Survey of Canada*, Robert Bell explique comment le fondateur de la Commission géologique du Canada, à cause de son accoutrement bizarre et de ses comportements étranges, passait souvent pour un déséquilibré. «Au cours d'une mission sur le terrain dans la péninsule de Gaspé, relate-t-il, Sir William Logan se vit décrire comme l'idiot qui martèle le sol avec son pic». Les autorités locales décidèrent de le placer à l'asile d'aliénés de Beauport. «Ses longues promenades en zigzag sur la plage eurent tôt fait de les convaincre qu'il avait non seulement perdu la raison pour de bon, mais que son état se dégradait rapidement, de poursuivre l'auteur. Un jour, pendant qu'il parcourait ses tracés en diagonales, deux hommes s'emparèrent de lui.» Heureusement, après leur avoir expliqué les raisons de son comportement, il fut autorisé à poursuivre ses travaux.
- En octobre 1893, les membres de l'expédition des «Barren Lands» furent

pris de court par l'hiver alors qu'ils se trouvaient encore au large de la côte ouest de la Baie d'Hudson. À un moment donné, à cause de l'instabilité de la glace de rive, les voyageurs, déjà transis et affamés, ne purent joindre la terre ferme. Confinés à leurs canots, ils passèrent une nuit de torpeur dans un blizzard, le corps trempé dans l'eau glaciale que le vent charriait dans les embarcations. Détrempés par les vagues et les embruns, les vêtements des malheureux voyageurs se transformèrent en de véritables armures de glace. L'un d'eux fut pris de dysenterie, un autre subit des engelures aux pieds. «Ce fut la nuit la plus longue de toute ma vie», écrira plus tard James Tyrrell. Lorsque l'expédition put enfin mettre pied à terre, trois des huit hommes étaient trop faibles et trop malades pour bouger. Il fallut les traîner sur le rivage. L'expédition se trouvait encore à 50 kilomètres de Churchill. Un des hommes avait tenté plus tôt de s'y

so while he was in the act of making one of his slants across the measures, he was seized by two men," Bell writes. Fortunately, Logan quickly explained his strange behaviour and was allowed to carry on with his work.

- In October, 1893 the Barren Lands expedition was caught on the west shore of Hudson Bay by the onset of winter. At one point, unstable shore ice prevented the starving, freezing travellers from reaching land. They spent a wretched night afloat in a blizzard, sitting in frigid water that kept washing into the canoes. Waves and spray turned the clothes of the weakened men into solid ice armour. One man suffered dysentery; another's feet froze. "The hours of that night were the longest I have ever experienced," James Tyrrell wrote later. When they finally reached land, three of the eight men were too weak and sick to move. They had to be dragged ashore. About 50 kilometres still separated the party from Churchill. An earlier attempt to dispatch a man on foot for help had failed. Nonetheless, Tyrrell assigned the two ablest men to try to save them all by walking out. The rest of the party waited for what seemed like interminable hours.



rendre à pied pour chercher de l'aide, mais en vain. Néanmoins, Tyrrell envoya en mission les deux membres les mieux portants dans l'espoir qu'ils ramènent des secours. Les autres durent se contenter d'attendre, une attente qui leur parut interminable. Au bout d'un jour et demi, le bruit d'un attelage de chiens se fit entendre. Ils étaient sauvés.

- En avril 1961, un appareil Otter CF-JXR en mission de géologie sous-marine et d'océanographie dans l'Arctique tenta de se poser sur une banquise en apparence vieille et solide. Mais au premier contact, les roues-skis transpercèrent la surface et tout le train d'atterrissage s'enfonça. Bert Burry, qui était aux commandes, envoya un appel de détresse, mais l'eau qui montait court-circuita la radio avant qu'il

After a day and a half, the sound of sled dogs was heard. They were saved.

- In April, 1961 an Otter CF-JXR aircraft on a submarine geology and oceanography mission attempted to land on what appeared to be old, solid Arctic pack ice. But as the plane landed the ski-wheels cut the surface and the undercarriage broke through. Pilot Bert Burry sent out a mayday call but the rising water shorted out the radio before he could give his location. The passengers — geologist Bernard Pelletier, oceanographer Arthur Collin and engineer Horace Gardner — salvaged what emergency equipment they could, but most of it could not be removed. The men were wet, they had few supplies, the weather was getting worse and the temperature was about -40° C. The mayday signal had been heard, however, and they were saved 29 hours after leaving camp.
- Seismologists Tony Overton and William Tyrlik were camping near the edge of the Prince Gustaf Adolf Sea, west of Ellef Ringnes Island. The May evening was so beautiful they decided to sleep outside. Overton awakened just before a polar bear gently but firmly dragged him across the snow in his sleeping bag. Overton's

shouts awakened Tyrlik who grabbed a rifle and tried to take a shot at the bear while still encased in his sleeping bag. His frantic contortions distracted the bear which dropped Overton and charged at Tyrlik. The bear was shot as it lunged. Tyrlik was unhurt; Overton's arm had four small flesh wounds.

- While working on lead-zinc deposits in the Yukon, GSC geochemist Wayne Goodfellow and his colleagues stayed in an old bunkhouse left behind by a mining company. "One night," says Goodfellow, "I woke up and the whole building was moving back and forth." Looking out the window, he saw a huge grizzly bear ripping the trim off the cabin door. One of Goodfellow's colleagues fired a pistol which scared the bear off about 20 feet. Then Goodfellow shot a 'bear scare' (a flare which makes an explosive sound) out the door towards the animal, hoping to drive it farther away. Instead, the flare landed on the far side of the bear and exploded, scaring it back in the direction of the cabin. Luckily, the animal veered past and kept right on running. "I've never seen a bear run so fast. It's the most frightening experience I've ever had."

- In 1985, Jim Franklin descended into the Pacific Ocean off Canada's west coast in a tiny submersible. The submersible descended two-and-a-half kilometres, to where Franklin was to examine vents in the ocean floor that spew super-heated fluids from the interior of the Earth. The temperature of the fluids is about 400 °C. The extreme pressure at that depth prevents them from boiling. The two pilots accompanying Franklin attempted to land the craft on what appeared to be a rock mound beside a vent. However, when the submersible touched the mound, the crust crumbled — it had only been a thin covering for a pool of hot fluid. The craft was plunging into a super-heated stream that could quickly melt the windows. There were seconds of terror, Franklin says, as the pilots scrambled to stop the submersible's descent. They succeeded. The submersible had been burned on the bottom but did not suffer disabling damage.

SOURCES:

The Polar Shelf

Life and Letters of George Mercer Dawson

Sir William Logan and the Geological Survey of Canada

ne puisse transmettre sa position. Les passagers de l'appareil — Bernard Pelletier, géologue, Arthur Collin, océanographe, et Horace Gardner, ingénieur — parvinrent à sauver le matériel de secours qu'ils purent atteindre, mais la plus grande partie de l'équipement se trouvait hors de portée. Les hommes étaient trempés et ne disposaient que de maigres provisions. La température oscillait autour de -40° C et le temps se gâtait. Cependant, leur appel de détresse avait été entendu et les quatre hommes furent rescapés 29 heures après avoir quitté leur base.

- Les sismologues Tony Overton et William Tyrlik campaient aux abords de la mer de Prince Gustaf Adolf à l'ouest de l'île Ellef Ringnes. Cette nuit de mai était si belle qu'ils décidèrent de dormir à la belle étoile. Overton se réveilla juste avant qu'un ours l'attrape et le traîne doucement sur la neige, dans son sac de couchage. Ses cris réveillèrent Tyrlik qui, sans même s'extirper de son sac de couchage, saisit un fusil et tenta d'abattre l'animal. Ses mouvements frénétiques attirèrent l'attention de l'ours, qui laissa tomber Overton pour charger Tyrlik. Celui-ci réussit à l'abattre au moment où il s'élançait vers lui. Tyrlik s'en est sorti indemne. Overton avait quatre petites blessures superficielles au bras, mais son

sens de l'humour était toujours intact : «Un des charmes de l'Arctique, c'est qu'on n'a même pas besoin de sortir du lit pour chasser le gros gibier. C'est la créature la plus douce qui m'ait jamais dragué.»

- Durant un séjour au Yukon pour étudier des gisements plombo-zincifères, le géochimiste Wayne Goodfellow et ses collègues s'étaient installés dans une vieille baraque qui appartenait jadis à une société minière. «Une nuit, raconte Goodfellow, je sentis notre cabane vaciller.» Regardant par la fenêtre, il vit un énorme grizzly en train d'arracher le cadre de la porte. Un de ses collègues tira un coup de pistolet. Effrayé par la détonation, l'ours recula d'une vingtaine de pieds. Voulant l'éloigner davantage, Goodfellow lança en sa direction une de ces fusées explosives conçues pour éloigner les intrus. Mais le projectile tomba trop loin et l'ours apeuré détala en direction du refuge des chercheurs. Fort heureusement, il bifurqua pour l'éviter et poursuivit sa course. «Je n'ai jamais vu un ours courir si vite. J'ai eu la peur de ma vie!»
- En 1985, Jim Franklin fit une descente dans les eaux longeant les côtes canadiennes du Pacifique, à bord d'une minuscule submersible. L'engin se rendit à une profondeur de 2 500 mètres où

Franklin devait examiner sur le fond de l'océan des cheminées volcaniques d'où sortent des fluides surchauffés provenant de l'intérieur de la Terre. Ces fluides atteignent une température d'environ 400 degrés Centigrade, mais la pression extrême qui s'exerce à cette profondeur les empêche d'entrer en ébullition. Les deux pilotes qui accompagnaient Franklin tentèrent de poser le submersible sur ce qui ressemblait à un monticule rocheux situé près d'une cheminée. Mais dès qu'ils firent contact, la croûte rocheuse s'effrita : ce n'était qu'une mince pellicule recouvrant une marre de fluides. L'engin commença à s'enfoncer dans le liquide dont la chaleur extrême risquait de faire fondre rapidement les hublots. «Terrifiés, les pilotes s'acharnèrent à stopper notre descente», de raconter Franklin. Et leurs manoeuvres réussirent. À part des dommages à sa paroi inférieure, le submersible n'avait subi aucune avarie grave.

SOURCES :

Le plateau continental polaire

Life and Letters of George Mercer Dawson

Sir William Logan and the Geological Survey of Canada

EDUCATIONAL MATERIALS AVAILABLE FROM THE GSC

Since the publication of Sir William Logan's internationally acclaimed, 983-page *Geology of Canada* in 1863, the GSC has endeavoured to make comprehensive knowledge of Canada's geoscience available to all Canadians. Today, the GSC produces a wide range of materials suitable for students, teachers and anyone with an interest in scientific research.

VIDEOS

Videos may be ordered from the GSC Bookstore. Each video, including shipping and handling, costs \$11.00 plus applicable taxes, and may be paid for by cheque or money order made out to the Receiver General of Canada. Arrangements can be made for short-term loans of the videos through GSC's Communications Office at the same address.

- Beyond the Ocean Frontier: The Juan de Fuca Ridge (1986)
- The Earth Scientists (1985)
- Earthquakes in Canada? (1987)
- The Geological Survey of Canada — Past to Present (1987)
- Hidden Heritage (1989)

- Islands in the Midnight Sun: The Story of the Polar Continental Shelf Project (1986)
- Lithoprobe, Probing the Earth (1986)
- Mineral Wealth of Atlantic Canada (1987)
- Mining and Mineral Vignettes (1987)
- The Science of Change (1990)

GSC RESEARCH VIDEOS

Some GSC scientists have documented their field work on video. These videos may be useful to researchers in many ways and are excellent teaching aids. The videos, mainly of Canada's coastal regions, are not professional GSC productions and the recording quality may vary. For a listing of titles and costs, contact Dave Frobél, Atlantic Geoscience Centre.

POSTERS

GSC Poster Series - The series carries the following six titles: Meteorites, Rocks, Minerals, Fossils, Fossils of the Burgess Shale, Gemstones. Posters are available free of charge.

'Fossils' Poster for Teachers - An art-style poster and an accompanying teacher's guide. Available free, with a limit of one to a customer.

Circumpolar Map - This unique map of the Arctic at the 1:6 million scale represents the collaborative work of GSC scientists and their Soviet colleagues under the Canada/USSR Arctic Science Exchange Agreement. Available for \$10.00 from the GSC Bookstore.

FOR THE COLLECTOR

Prospector's Collection - Kit contains 42 rock and mineral samples and an explanatory guide. To order, send cheque or money order for \$20.00 plus applicable taxes, payable to the Receiver General of Canada, to the GSC Bookstore.

Information for Collectors - This free booklet, published annually by the GSC, contains valuable information for rock and mineral collectors. It covers general information for beginners and includes a selected bibliography, a list of gem, rock and mineral clubs, exhibit locations, a

MATÉRIEL ÉDUCATIF DISPONIBLE À LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

En 1863, Sir William Logan a publié *Geology of Canada*, un ouvrage de 983 pages qui a obtenu un franc succès sur la scène internationale. Depuis ce temps, la CGC tente de faire en sorte que tous les Canadiens aient accès à de vastes connaissances sur les sciences de la Terre au pays. C'est d'ailleurs pourquoi l'organisation propose aujourd'hui un large éventail de matériel à l'intention des étudiants, des professeurs et de tous ceux qui s'intéressent à la recherche scientifique.

VIDÉOS

Vous pouvez commander des vidéos en vous adressant à la Librairie de la CGC. Chaque vidéo coûte 11 \$ (frais d'expédition et de manutention inclus), plus les taxes applicables, et peut être payé au moyen d'un chèque ou d'un mandat à l'ordre du Receveur général du Canada. Il est aussi possible d'emprunter des vidéos à court terme; pour ce faire, adressez-vous au Bureau des communications de la CGC, à la même adresse.

- L'Océan sans limites : la dorsale Juan de Fuca (1986)
- Les scientifiques des sciences de la Terre (1985)
- Des tremblements de terre au Canada? (1987)

- La Commission géologique du Canada...d'hier à aujourd'hui (1987)
- Un patrimoine caché (1989)
- Les îles au soleil de minuit : l'histoire de l'Étude du plateau continental polaire (1986)
- Lithoprobe, 40 km sous terre (1986)
- Les richesses minérales des provinces de l'Atlantique (1987)
- Vignettes sur les mines et les minéraux (1987)
- La science du changement (1990)

VIDÉOS SUR LES RECHERCHES DE LA CGC

Des scientifiques de la CGC ont préparé des vidéos en complément de leurs travaux sur le terrain. Très utiles aux chercheurs, ces documents sont aussi d'excellents outils pédagogiques qui portent principalement sur les régions côtières du Canada. Leur qualité d'enregistrement peut toutefois varier, car ils n'ont pas été produits par des professionnels. Pour obtenir une liste des titres disponibles et des prix des vidéos, adressez-vous à Dave Frobél, au Centre géoscientifique de l'Atlantique.

AFFICHES

Série d'affiches de la CGC - La série comprend les six affiches suivantes : Les météorites, Les roches, Les minéraux, Les

fossiles, Les fossiles des schistes de Burgess et Les gemmes. Toutes sont distribuées gratuitement.

Affiche «Les fossiles» destinée aux enseignants - Cette affiche artistique est accompagnée d'un guide pour l'enseignant. Elle est offerte gratuitement, mais chaque client n'a droit qu'à une seule.

Carte circumpolaire - Cette carte unique de l'Arctique est produite à l'échelle 1/6 000 000. Elle est le fruit des travaux exécutés par les scientifiques de la CGC en collaboration avec leurs collègues soviétiques dans le cadre de l'Accord canado-soviétique de recherche dans l'Arctique. La carte est en vente au coût de 10 \$ à la Librairie de la CGC.

POUR LE COLLECTIONNEUR

Collection du prospecteur - Cette trousse contient 42 échantillons de roches et de minéraux ainsi qu'un guide explicatif. Pour la commander, préparez un chèque ou un mandat de 20 \$ (taxes applicables en sus) à l'ordre du Receveur général, puis faites-le parvenir à la Librairie de la CGC.

Renseignements aux collectionneurs - Ce livret gratuit est publié chaque année par la CGC. Il contient des renseignements

catalogue of shows throughout the year, and more. Order free from the GSC Bookstore.

NEW PUBLICATIONS

The GSC is a major Canadian publisher. It annually publishes over 6000 pages of new scientific information and almost 11 000 pages of open file reports. The GSC Information Circular is published monthly to announce new reports and maps (and reprints), and the release of open files. To receive this Information Circular, send your name and address with postal code to the GSC Bookstore. Some recent free publications are:

The Science of Change - A look at GSC's environmental geoscience research.

No Stone Unturned - A popular account of the GSC's colourful history.

Also available at no cost from the GSC Bookstore are GEOFACT Sheets. These present concise descriptions of many geoscientific phenomena such as earthquakes, volcanoes, black 'smokers' (hydrothermal vents) and geomagnetic storms.

GSC Bookstore
Geological Survey of Canada
601 Booth St.
Ottawa, Ontario K1A 0E8

HOW TO GET IN TOUCH WITH US

Nova Scotia

Atlantic Geoscience Centre, GSC
Bedford Institute of Oceanography
Challenger Drive
P.O. Box 1006
Dartmouth N.S. B2Y 4A2
Telephone (902) 426-8513
Fax (902) 426-4266

Québec

Québec Geoscience Centre, GSC
2700 rue Einstein, C.P. 7500
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7
Telephone (418) 654-2604
Fax (418) 654-2615
Publications Office
(418) 654-2677

Ontario

GSC Headquarters
601 Booth Street
Ottawa, Ontario K1A 0E8
Telephone (613) 996-3919
Fax (613) 996-9990

GSC Bookstore
Telephone (613) 995-4342
Fax (613) 943-0646

Alberta

Institute of Sedimentary and Petroleum
Geology, GSC
3303—33rd Street N.W.
Calgary, Alberta T2L 2A7
Telephone (403) 292-7000
Fax (403) 292-5377
Publications Office
(403) 292-7030

British Columbia

Cordilleran Division, GSC
100 West Pender Street
Vancouver, B.C. V6B 1R8
Telephone (604) 666-0529
Fax (604) 666-1124
Publications Office
(604) 666-0271

Pacific Geoscience Centre, GSC
9860 West Saanich Road
Sidney, B.C. V8L 4B2
Telephone (604) 363-6500
Fax (604) 363-6739

utiles pour les collectionneurs de roches et de minéraux. On y trouve également de l'information à caractère général pour les débutants, une bibliographie choisie, une liste des clubs de collectionneurs de pierres précieuses, de roches et de minéraux, les villes où se dérouleront des expositions, une liste des foires prévues pendant l'année et bien plus. Vous pouvez l'obtenir en vous adressant à la Librairie de la CGC.

NOUVELLES PUBLICATIONS

La CGC compte parmi les principaux éditeurs du Canada. Elle publie chaque année plus de 6 000 pages d'information scientifique inédite et près de 11 000 pages de dossiers publics. La circulaire d'information de la CGC, qui est préparée une fois par mois, présente les cartes et les rapports nouvellement produits (et les réimpressions) ainsi que les dossiers à paraître. Si vous désirez la recevoir, faites parvenir vos nom et adresse (incluant le code postal) à la Librairie de la CGC. Voici quelques-unes des publications gratuites les plus récentes :

La science du changement - Un regard sur les travaux de recherche en géoscience environnementale menés à la CGC.

Pierre par pierre - Un populaire exposé de l'histoire haute en couleur de la CGC.

La Librairie de la CGC offre aussi gratuitement la série Géodoc, qui propose une description sommaire de nombreux phénomènes géoscientifiques comme les tremblements de terre, les volcans, les événements hydrothermaux (ou «eaux noires») et les orages géomagnétiques.

La Librairie de la CGC
Commission géologique du Canada
601, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E8

COMMENT NOUS JOINDRE

Nouvelle-Écosse

Centre géoscientifique de L'Atlantique, CGC
Institut océanographique de Bedford
Challenger Drive, C.P.. 1006
Dartmouth (Nouvelle Écosse) B2Y 4A2
Telephone (902) 426-8513
Télécopieur (902) 426-4266

Québec

Centre géoscientifique de Québec, CGC
2700, rue Einstein, C.P. 7500
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7
Telephone (418) 654-2604
Télécopieur (418) 654-2615
Bureau des publications
(418) 654-2677

Ontario

CGC Administration centrale
601, rue Booth
Ottawa (Ontario) K1A 0E8
Téléphone (613) 996-3919
Télécopieur (613) 996-9990
La Librairie de la CGC
Téléphone (613) 995-4342
Télécopieur (613)943-0646

Alberta

Institute de géologie sédimentaire et
pétrolière, CGC
3303-33rd Street N.W.
Calgary, Alberta T2L 2A7
Téléphone (403)292-7000
Télécopieur (403)292-5377
Bureau des publications
(403) 292-7030

Colombie-Britannique

Division de la Cordillère, CGC
100 West Pender Street
Vancouver, British Columbia V6B 1R8
Téléphone (604) 666-0529
Télécopieur (604) 666-1124
Bureau des publications
(604) 666-0271

Centre géoscientifique du Pacifique, CGC
9860 West Saanich Road
Sidney, British Columbia V8L 4B2
Telephone (604) 363-6500
Télécopieur (604) 363-6739



*Energy, Mines and Resources Canada explores
Canada's landmass, conducts research and
development and pursues policies and programs to
ensure that our energy and mineral resources are
developed and extracted in ways that are safe,
efficient and, above all, respectful of the environment.*

*Énergie, Mines et Ressources Canada explore la
masse continentale du Canada, dirige des travaux
de recherche et de développement et poursuit
des politiques et des programmes visant à assurer
l'emploi de méthodes de mise en valeur et
d'extraction sûres, efficaces et, par-dessus tout,
qui respectent l'environnement.*
