

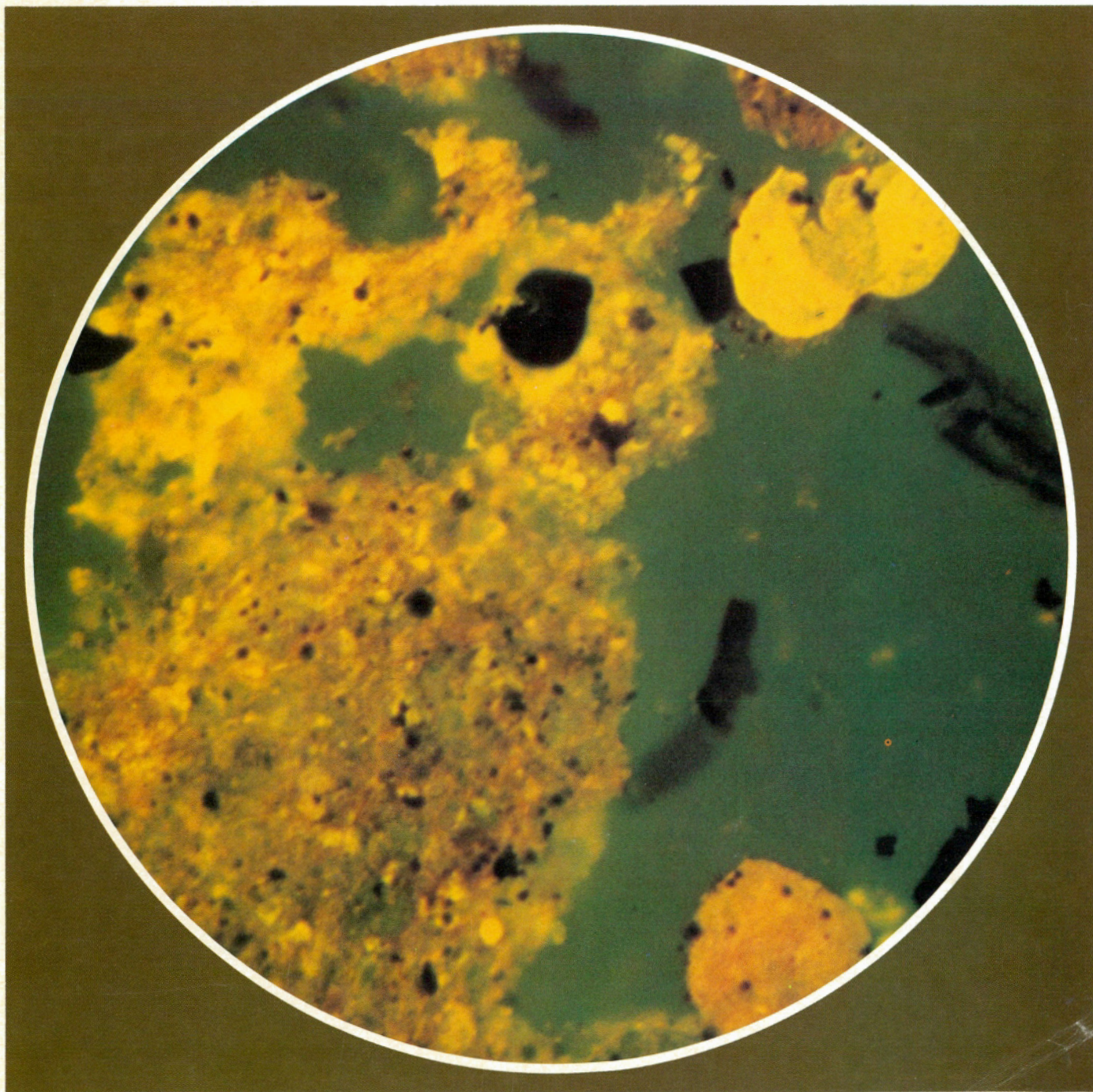
GEOS

This document was produced
by scanning the original publication.

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

RESORS

Vol. 12 No. 1 Winter/Hiver 1983



GEOS

A quarterly concerned
with the earth's resources

Publication trimestrielle
sur les ressources
de la Terre

Vol. 12 No. 1 Winter/Hiver 1983

GEOS is published quarterly by the
Department of Energy, Mines and
Resources
Minister, The Hon. Jean Chrétien
Minister of State for Mines,
The Hon. Judy Erola
Deputy Minister, Paul Tellier

GEOS est une publication trimestrielle
du ministère de l'Énergie,
des Mines et des Ressources
L'hon. Jean Chrétien, ministre
L'hon. Judy Erola, ministre d'État aux
Mines
Paul Tellier, 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 de collaborateurs de GEOS
qui ne font pas partie d'EMR.*

**Editor /
Rédactrice en chef**
Constance Mungall

**Associate Editor /
Rédacteur en chef adjoint**
Guy Angers

**Assistant Editor /
Rédactrice adjointe**
Theresa Peddle

**Graphics /
Présentation graphique**
Acart Graphic Services Inc.

GEOS is distributed without charge on
request. If you would like a copy of any
article in the other official language
please write to: Editor, GEOS, Energy,
Mines and Resources, 580 Booth Street,
Ottawa, Ontario K1A 0E4

GEOS est distribué gratuitement sur
demande. Si vous désirez recevoir le
texte d'un article dans l'autre langue
officielle, veuillez écrire au: Rédacteur —
GEOS, Ministère de l'Énergie, des Mines
et des Ressources, 580 rue Booth,
Ottawa, Ontario K1A 0E4

ISSN 0374-3268



Energy, Mines and
Resources Canada

Énergie, Mines et
Ressources Canada

Contents/Sommaire

- 1 — Fiords
By Brian D. Bornhold
- 5 — Fluorescence helps find oil
By J.P. Bujak and E.H. Davies
- 9 — La fascinante histoire des Montérégiennes
Par Yvan Fortier et Maurice K. Séguin
- ✓ 13 — Radarsat *1037968*
By Gabriella Goliger
- 16 — De l'amiante moins toxique grâce à la phosphorylation
Par Marcel Cossette
- 19 — Potash — our world class reserve
By Clifford R. Haryett

COVER: Organic remains from 4200 m below sea level, in Hibernia well, photographed through a filter to show yellow and orange thermochemical fluorescence. From *Fluorescence helps find oil* on page 5.

COUVERTURE: Restes organiques trouvés à 4 200 m de profondeur dans un puits de Hibernia, photographiés à travers un filtre qui laisse voir une fluorescence thermochimique jaune et orange. Voir *Fluorescence helps find oil*, page 5.

Fiords

Highways, industrial and town sites, habitat for fish, scenes of incredible beauty — and of catastrophic landslides.

Understanding the geological processes affecting fiords will help us plan their use

By Brian D. Bornhold



Fiords, those ragged incisions that penetrate a continent's edge as deeply as several hundred kilometres, are of immense importance to the handful of nations blessed with them.

In B.C., Newfoundland, Labrador and the eastern Arctic, they are the highways of the coast, permitting safe navigation to isolated communities. Their river deltas, usually the only broad flat areas amid rugged mountains, not only provide townsites, but act also as an important habitat in the early life cycle of commercially important fish like salmon. And their beauty, with towering snow-capped peaks reflected in the ribbons of water below, remains a perpetual natural resource of incalculable worth.

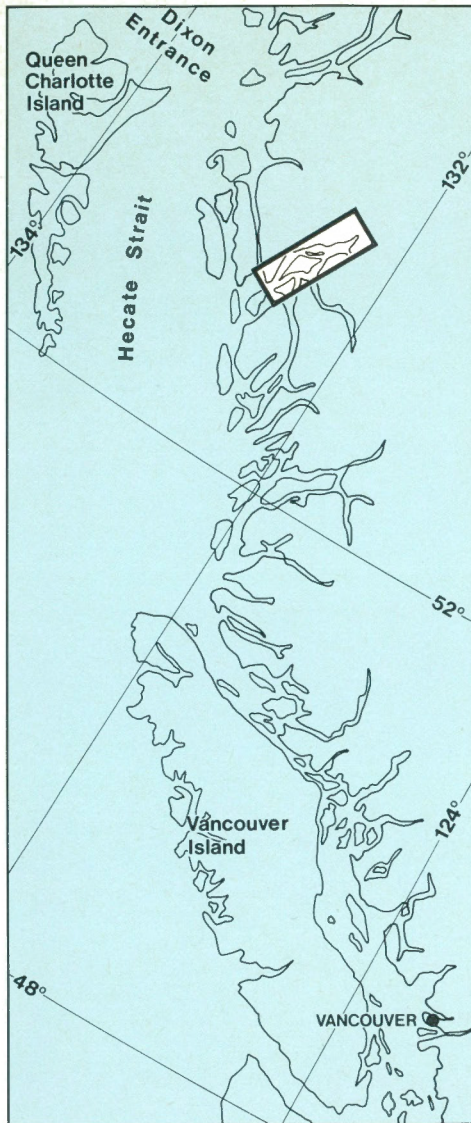
At the same time, fiords are frequently subject to landslides and debris flows. Sediments accumulate very rapidly on the steep delta slopes and adjacent fiord walls, and they often collapse near the heads of the fiords.

News stories demonstrate the disastrous consequences of slope failures. A wharf and three warehouses collapsed into Howe Sound in August 1955, at Woodfibre, forcing closure of Alaska Pine's rayon pulp mill and causing damage estimated to be between \$500 000 and \$750 000. '... the wharf began to sag with a crushing sound at 4 p.m. and within half an hour a large section had slid into deep water ... a section of sand and gravelly shore had

collapsed under it... ' reported the *Vancouver Sun*, August 23, 1955.

Brian Bornhold is a Geological Survey of Canada scientist currently involved, at EMR's Pacific Geoscience Centre in Sydney, B.C., in a variety of marine sedimentology studies both in the fiords and on the continental shelf off western Canada.

Dr. Bornhold studied at the University of Waterloo, Duke University, the Massachusetts Institute of Technology and the Woods Hole Oceanographic Institution before joining EMR in 1975. He also taught at the University of Toronto and worked with the Ontario Educational Communications Authority.



Location map of Douglas Channel and Kitimat Arm

Emplacement du chenal Douglas et du bras Kitimat

'A freak wave Sunday caused by an underwater slide roared up Douglas Channel, demolishing docks and swamping boats at Kitimat,' said the *Sun*, in April 1975 about another landslide. 'It was a big wave, close to 25 feet, and it just ripped stuff up like matchsticks. . . . A large section of the Northland Navigation dock and a new RivTow Straights barge terminal were destroyed. Four barges. . . were washed ashore along with a number of small boats. . . . Where there used to be a beach, is now a cliff and 50 feet of water.' Damage was estimated at a minimum of \$300 000.

The seabed conditions which led to instability, the causes and mechanisms of failure, the characteristics of the resulting landslide material, and the means to identify potential hazards are only beginning to be understood.



Fiords, like the characteristic U-shaped valleys of mountain ranges, were shaped by valley glaciers, following pre-existing stream valleys or structural depressions down to the sea. At the height of the last glaciation, 15 000 years ago, worldwide sea level was about 130 m lower than today; at the same time the outer mainland coast of British Columbia was depressed under the weight of ice by as much as 175 m or more.

As the glaciers began to recede they left at their farthest extent sills of either bedrock or morainal material, a chaotic assemblage of sandy gravel and boulders. These sills can rise several hundred metres above the adjacent basin floor and separate the deep waters of the fiord from those of the much shallower continental shelf beyond.

As the glaciers retreated up their valleys, they left in their wake a blanket of glaciomarine sediments consisting of gray silts and clays with interspersed sands and gravels dropped from calving icebergs. In Alaskan fiords today, similar glaciomarine sediments are accumulating at extremely high rates ranging from 0.5 to 4 m a year. This glacial retreat periodically halted for at most several hundred years. At each halt, more intermediate sills divided the fiords into subbasins.

Dr. John Clague, of EMR's Geological Survey of Canada, calculates that in the Douglas Channel-Kitimat Arm fiord system of northern B.C., ice left the present outer coast about 13 000 years ago, and reached the townsite of Kitimat at the head of the inlet by about 11 000 years ago. During its withdrawal, the ice created three major subbasins separated by prominent sills. One of these intermediate sills, located midway between the coast and Kitimat, rises more than 200 m above the adjacent basin floor and is composed of more than 800 m of bouldery and gravelly morainal material.

The landmass was depressed under the weight of ice, so that the sea flooded many of the coastal valleys to several tens of kilometres inland. As the land slowly rebounded, reaching its present position 6000 to 8000 years ago, marine muds and deltaic deposits became stranded up to 150 m above present sea level, and the inland fiord basins rapidly filled with

Bathymetry of Douglas Channel
Bathymétrie du chenal Douglas

marine, deltaic and fluvial sediments. In the case of Kitimat Arm, the most landward basin was entirely filled by about 9500 years ago. After that stratified sediments spilled over into the next basin down-inlet.

Modern Sedimentary Processes

Sediments today reach fiord basin floors in two ways:

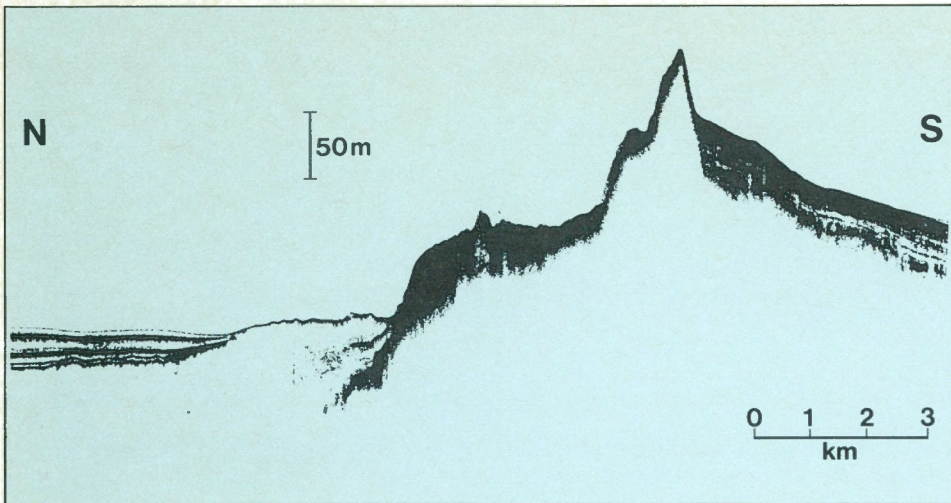
- (1) slow settling from surface waters of river-derived silts and clays and of marine and terrestrial organic material, and
- (2) mass downslope movement of sediments by landslides, debris flows and turbidity currents.

We must understand these processes to be able to predict what happens to pollutants, and to assess the direct and indirect hazards to shoreline development caused by unstable sediment accumulations.

The thickness, distribution, speed of down-inlet movement, and rate of turbulent mixing of the sediment-laden plume of river water all vary greatly, depending mainly on river discharge, tides and winds. On average, however, the plume advances at a rate of a few centimetres per second, gradually mixing with the more salty waters of the fiord. This progressive increase in salinity causes flocculation, the formation of large aggregates of particles which rapidly settle out of the upper layers of the water column. Studies by the Ocean Chemistry group at the Institute of Ocean Sciences in Sydney, B.C. have shown that in the Douglas Channel system during times of maximum river runoff, most of the suspended particulate matter is lost from surface waters within 30 km of the river's mouth.

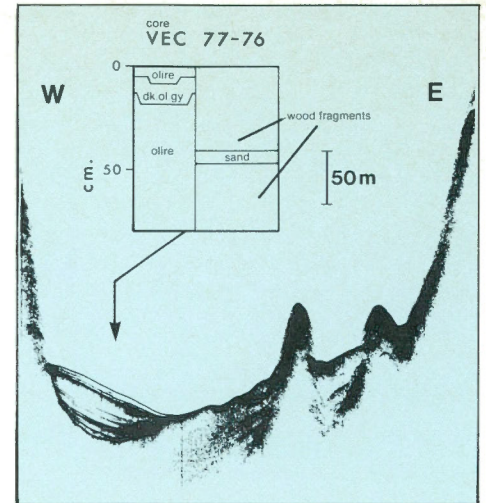
Systems of chutes and ridges, with ribbons of sand and gravel extending down the steep slopes to the basin floor, occur next to most of the small deltas along the sides of fiords.

One unexpected phenomenon observed by workers in fiords and long lakes in



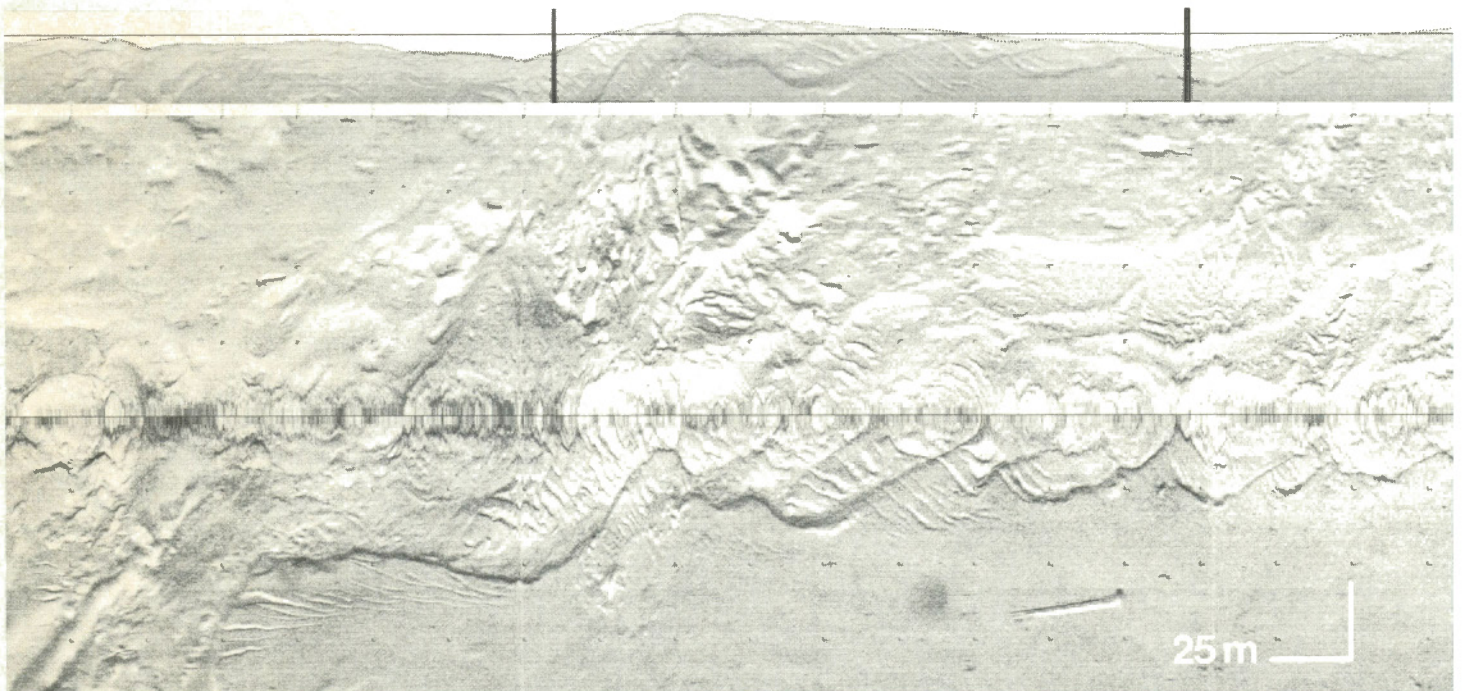
Shallow high-resolution seismic profile across the main sill in Douglas Channel. It shows a thick sequence of coarse morainal materials underlying the sill. This is flanked by highly stratified glaciomarine sands and sandy muds to the south. Transparent glaciomarine muds and interstratified recent muds and sandy muds are to the north

Profil sismique transversal peu profond à haute résolution du filon-couche principal dans le chenal Douglas. On y voit une épaisse succession de matériaux morainiques grossiers sous jacents au filon-couche, flanqués de boues sableuses et de sables glacio-marins bien stratifiés au sud, ainsi que de boues glacio-marines transparentes et de boues récentes et de boues sableuses intercalées au nord



Shallow, high-resolution, cross-channel seismic profile showing the inclined strata of the stratified sediment unit

Profil sismique transversal peu profond à haute résolution du chenal montrant les couches inclinées de l'unité sédimentaire stratifiée



Switzerland, New Zealand and western Canada is also seen in Douglas Channel. Suspended matter apparently does not settle out uniformly across the width of the fiord, but is concentrated on the north and west sides. The researchers speculate that the deflecting force caused by the earth's rotation — the Coriolis force — pushes the river plume towards the right as it flows down the inlet, though the complex influence of varying winds and tides on the plume makes it hard to demonstrate this effect directly.

To learn more about the causes and possible prediction of landslides, EMR's

Geological Survey of Canada and the U.S. Geological Survey jointly sponsored studies in the summers of 1981 and 1982. With researchers from the Coastal Studies Institute (Louisiana State University) and Texas A & M University, they investigated the 1975 landslide at Kitimat, at the head of Douglas Channel, the site of the Alcan Smelters and Chemicals Ltd. industrial plant. They also gathered data about another failure, at Woodfibre, and at various delta slopes in other mainland fiords. High resolution subbottom profiles and detailed sidescan sonograph imagery over both the landslides and the adjacent slopes was the main focus. Geotechnical studies of

Side-scan sonograph showing the lateral contact between undisturbed seafloor and the highly deformed material produced by a major undersea landslide near Kitimat in 1975. Small tension cracks in the undisturbed seafloor seen along the contact were produced when the landslide moved downslope (from left to right)

Sonographe à balayage latéral montrant le contact latéral du fond marin non déformé et du matériel très déformé provenant d'un glissement de terrain sous-marin majeur qui a eu lieu près de Kitimat en 1975. Les petites fissures d'extension dans le fond marin non déformé, visibles le long de la surface de contact, ont été produites par la descente des matériaux le long de la pente (de gauche à droite)

sediment cores from various localities within the disturbed material of the landslides and the adjacent unaffected seafloor were also carried out.

Although the data are not all analyzed, they do show that tremendously diverse landslide morphologies can develop, even within a single feature, and that several mechanisms and modes of failure must be involved. At Kitimat, for example, several distinctive process components were recognized:

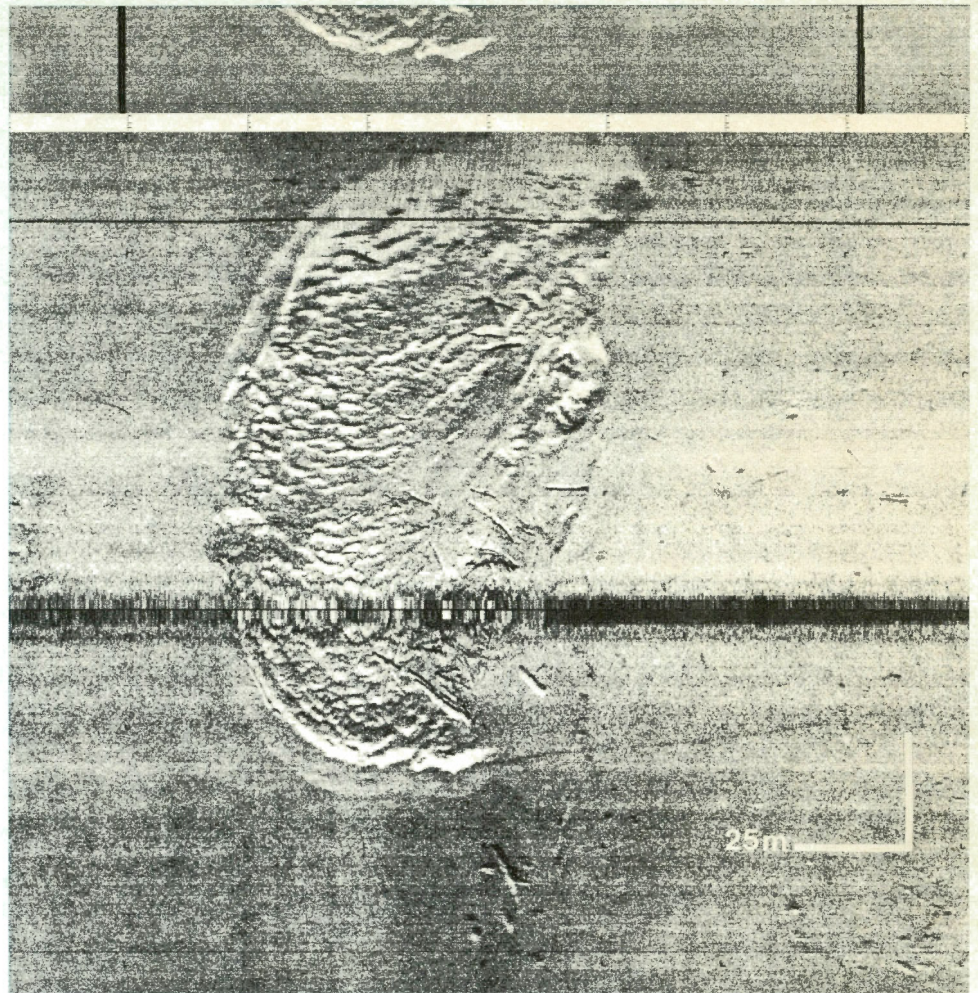
- shallow rotational movements on the upper delta slope produce small troughs — a marginal zone of 'tearing' along the edges of the main slide feature marks the contact with the undisturbed marine muds on the sides of the fiord,
- longitudinal shearing between adjacent parts of the feature shows in the centre of the slide,
- curved folds and ridges form in a large zone of compression on the lower part of the feature, and
- a terminal margin with blocks of slide material, up to 4000 m² in area, rests several hundred metres beyond the toe of the main slide mass.

Clearly, all of these observations were made 'after the fact'. Inferences on the modes of failure and their causes are not as easily made and it will be some time before we really understand how such submarine landslides work.

Catastrophic sedimentation is not restricted to landslides. Often slope failures, as they progress downslope, attain sufficiently high water contents to flow as very dense fluids, known as debris flows. Where small sandy and gravelly deltas enter the sides of a fiord, debris flows often carry sand down the steep slopes, forming a layer of clean, commonly very coarse, sand up to several centimetres thick on the basin floor.

Debris flows can, in turn, spawn more dilute suspensions of sediment in water, sometimes of only slightly greater density than seawater. These can travel tens of kilometres down the fiord at speeds of 10 to 50 cm per second. These turbidity currents carry within them sediments generally coarser than those contributed by the slow settling from surface waters. They therefore show up in cores as more silty and slightly sandy layers, often containing bits of wood and shells. These flows, like the surface plume, are also influenced by Coriolis force, reinforcing the asymmetrical distribution of recent sediments in the basins.

The distribution and redistribution of sediments in fiords have significant implications for the biological, chemical and even physical oceanography of the inlets. Creation and destruction of benthic substrates, transport of pollutants and



Side-scan sonograph of an isolated slide block of landslide debris resting on undisturbed seafloor approximately 200 m beyond the main landslide mass. A shallow trough behind the block is marked by the straight line leading to the lower right edge of the block. A 'bow-wave' of sediment pushed up as the block moved across the seafloor can be seen along the left edge of the block

Sonographe à balayage latéral d'un bloc de glissement isolé de débris reposant sur le fond marin non déformé à environ 200 m au large de la masse principale. Une auge peu profonde derrière le bloc est marquée par la ligne droite qui mène au bord inférieur droit du bloc. Une « vague de proue » de sédiments formée à mesure que le bloc se déplaçait sur le fond marin est visible le long de la marge gauche du bloc

natural chemical species to various parts of the basins, and generation of large surface waves and high-velocity seafloor currents are all involved. As we begin to understand these geological processes, we shall be able to contribute much more effectively to the rational planning of a wide variety of projects — industrial, recreational and urban — which will be proposed for fiords in Canada.

Les fjords, tout comme les vallées en auge caractéristiques des chaînes de montagnes, ont été formés par des glaciers de vallée qui descendaient des vallées fluviales ou des dépressions tectoniques déjà existantes jusqu'à la mer. Il y survient souvent des glissements de terrain, des coulées boueuses et des courants de turbidité. Les sédiments s'accumulent très rapidement sur les pentes deltaïques raides et sur les parois adjacentes des fjords et s'effondrent souvent à l'amont du fjord.

La Commission géologique du Canada, un organisme d'EMR et la U.S. Geological Survey ont parrainé conjointement des travaux menés au cours des étés de 1981 et 1982 en vue de découvrir les causes des glissements de terrain et de tenter de les prévoir. Les géologues ont recueilli des données au bras Kitimat, où se trouve l'usine industrielle de l'Alcan Smelters and Chemicals Ltd. et où s'est produit un glissement de terrain majeur en 1975, et à d'autres fjords en Colombie-Britannique. Ces données indiquent que diverses morphologies de glissement de terrain peuvent se former et qu'il existe plusieurs mécanismes et modes de rupture des pentes.

Cet article est disponible en français.

Fluorescence helps find oil

By J.P. Bujak and E.H. Davies

One reason areas of the Scotian Shelf and Grand Banks were dry as that immature sediments were drilled. Thermochemical fluorescence can help find the mature rocks

What does fluorescence make you think of? Shimmering waves lapping against a raft when skinny dipping as a child? Fishing lines glowing in the dark? That magic was caused by fluorescence, or induced light emission. When certain substances are subjected to short wavelength radiation, they emit another electromagnetic radiation of longer wavelength, seen as light.

The phenomenon is being used today to search for offshore oil. This is a recent application; fluorescence has been used in medical and immunological research, early detection of cancer, detective work and metal stress testing.

Fossil organic material emits two kinds of fluorescence, biochemical and thermochemical. Biochemical fluorescence can date sedimentary samples by identifying the fossils that characterize rocks. Thermochemical fluorescence can distinguish mature sediments, which have been heated sufficiently to form oil, from immature sediments which have not formed oil.

Liquid petroleum is formed mainly from the remains of unicellular algae such as diatoms and dinoflagellates. Under favorable conditions organic material becomes part of the sedimentary sequence and is converted into oil by a slow heating process. Where the geothermal gradients and temperatures are low, conversion takes longer. There are

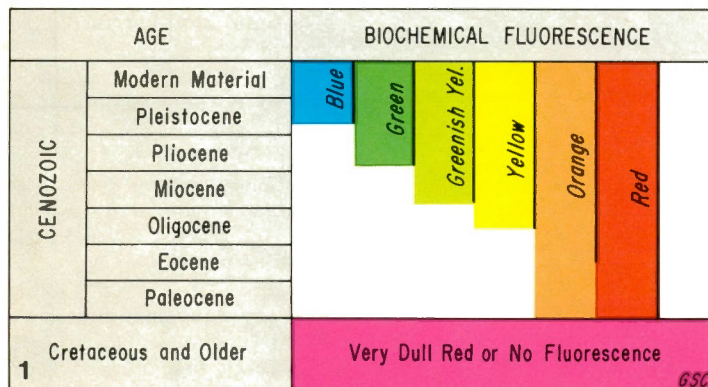
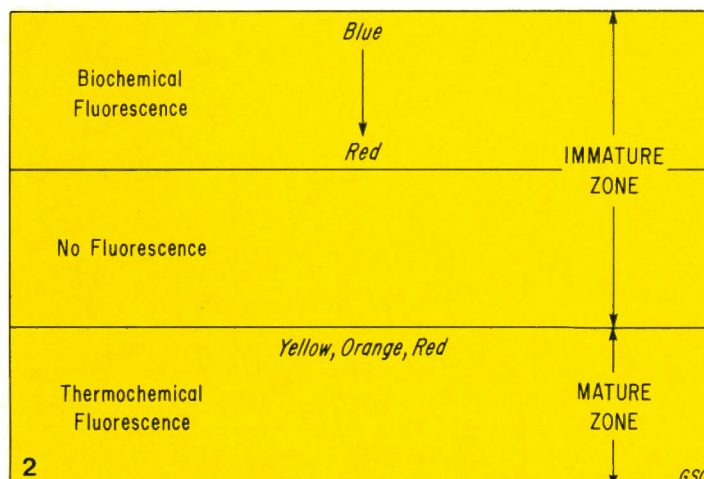


Figure 1 Changes in biochemical fluorescence colors with increasing age of the material

Changements dans les teintes fluorescentes biochimiques selon l'âge du matériau



Ed Davies is a palynologist with the Eastern Petroleum Geology section of EMR's Altantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, at the Bedford Institute of Oceanography. Jonathan Bujak, formerly of the AGC, now works for PetroCanada in Calgary. Both studied dinoflagellates from east coast offshore wells, deep sea core holes and the eastern Arctic. Bujak attended Sheffield University in England, Davies the University of Toronto. Before coming to the AGC, Davies worked for Phillips Petroleum Co. in Oklahoma for two years.

Figure 2 Relationship between petroleum generation zone and fluorescence

Relation entre la zone de génération de pétrole et la fluorescence

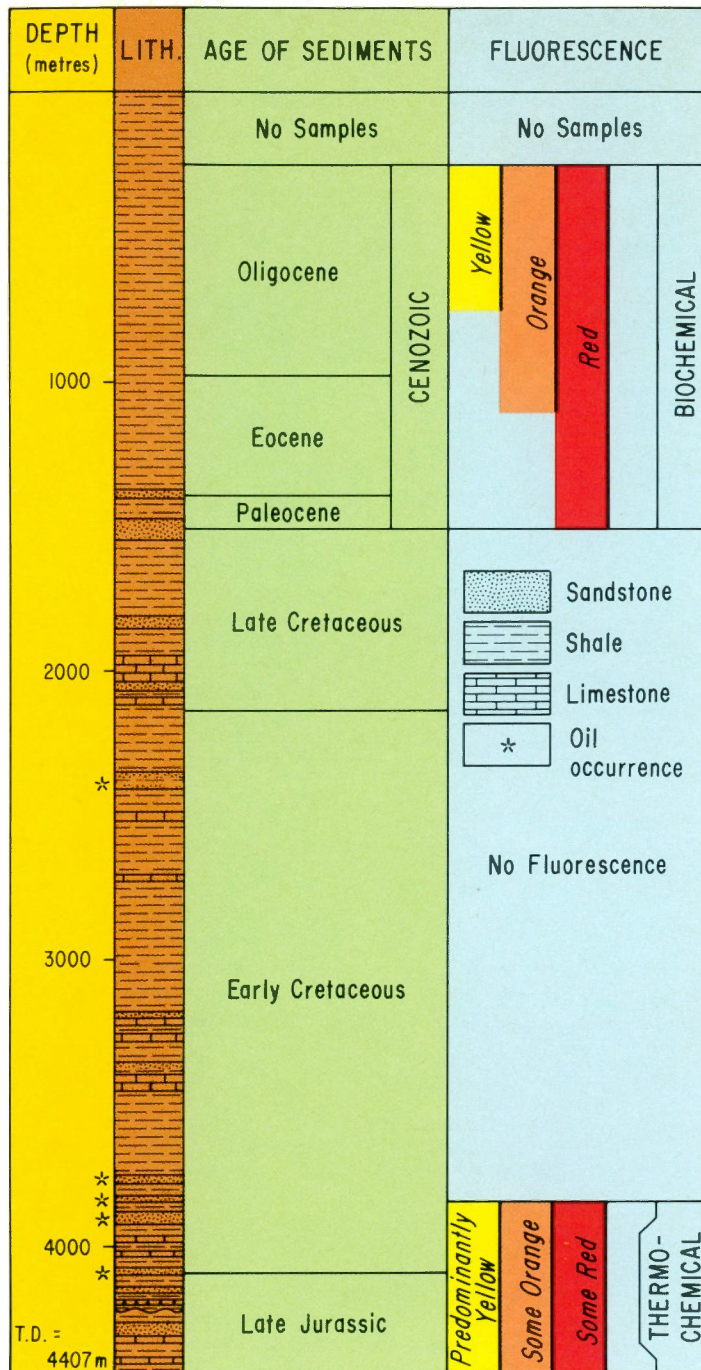


Figure 3 Stratigraphy of Hibernia P-15 well, East Newfoundland Basin, showing oil occurrences and fluorescence of organic material
Stratigraphie du puits P-15 d'Hibernia dans le bassin est de Terre-Neuve

no worldwide criteria for mature zones — local variations in the geothermal gradient must be determined to discover the oil-bearing zone. And distinguishing the mature zone is important, since petroleum may have migrated upwards into immature sediments through porous rocks or along cracks or faults in the rock. Microfossils, on the other hand, remain trapped in the sediments where they were originally deposited so their type of fluorescence characterizes the rocks in which they occur.

Geologists at EMR's Atlantic Geoscience Centre in Dartmouth are using fluorescence techniques to help locate potential oil-bearing zones off Canada's east coast. Researchers examine samples of these microfossils under a microscope where they are excited with ultraviolet light. With filters, they study fluorescence in selected parts of the spectrum, especially blue-green and yellow-red fluorescence.

Biochemical fluorescence is emitted by the original biochemical molecules and decreases with age until it is progressively eliminated. Geologically young Pleistocene or Holocene material fluoresces through the entire visible spectrum (Fig. 1) whereas older Pliocene material up to 10 million years (Ma) old lacks blue fluorescence. Little biochemical fluorescence is left in lowest Cenozoic and Upper Cretaceous material around 50 to 100 Ma old, and is at most a dull red color.

Thermochemical fluorescence lacks blue-green colors and is characterized by the yellow-red end of the spectrum (Fig. 2). Changes in the molecular structure of organic material primarily caused by heating give the newly formed molecules the ability to fluoresce.

Current research indicates that the onset of thermochemical fluorescence coincides with the beginning of oil generation in rocks. One of the reasons many exploratory wells of the Scotian Shelf and Grand Banks were dry is that immature sediments were drilled. Fluorescence techniques can help target exploration wells more precisely by identifying mature rocks.

Fluorescence changes in the Hibernia P-15 well located on the eastern Grand Banks (Fig. 3) illustrate how the technique is applied. The well was drilled to a total depth of 4407 m, stopping in Upper Jurassic sediments, 150 Ma years old. Oil was recovered from various beds in Lower Cretaceous sandstones between 2422 m and 2443 m, and 3742 m and 4134 m. The largest occurrences are between 3742 and 3858 m.

The well's younger sediments, less than 70 Ma old, from about 225 m to 1400 m, show yellow, orange and red biochemical fluorescence. Blue and green fluorescence are absent since these sediments are already too old to fluoresce at these shorter

wavelengths. The very young Oligocene material fluoresces yellow, while the older Eocene and Paleocene material fluoresces orange and red. Below about 1400 m, in the Upper Cretaceous and most of the Lower Cretaceous ranging from 70 to 135 Ma old, some material shows a dull red biochemical fluorescence, but most biochemical fluorescence has been eliminated.

A distinct and abrupt change occurs at about 3800 m in the well. In contrast to the absence of fluorescence in the overlying sediments between 1400 m and 3800 m, the fossils below 3835 m made up of the remains of marine phytoplankton, suddenly show bright yellow fluorescence (Fig. 4,). This thermochemical fluorescence seems to coincide with the onset of oil generation at the top of the mature zone in the well at 3800 m.

Fluorescence therefore indicates that sediments above 3800 m are immature, below are mature. The oil occurring above this depth in the well must have migrated from the mature zone either laterally or vertically, while oil below 3800 m lies in a mature zone and may have been generated locally.

Biochemical fluorescence can help geologists date sediments by identifying the microfossils they contain. This in turn helps locate rocks with petroleum potential in exploratory wells. It is particularly important to know when a well has drilled into rocks too old to have petroleum potential because of the exorbitant cost of drilling in offshore and Arctic frontier areas.

Microfossils show the greatest changes in biochemical fluorescence in the younger Cenozoic sequences. Sediments of a specific age are typically characterized by the presence of particular species of microfossil. These lived and died at the time when the sediment was being deposited, and are indigenous to the sediment. Accurate dating of sediments gets complicated, however, when they contain reworked microfossils. As sediment is deposited, material from older pre-existing rocks may be incorporated into the newly deposited sediments through weathering of rocks on land and slumping or scouring of submarine deposits by currents. This older, reworked material usually includes microfossils originally deposited in older sediments. These microfossils may even dominate the assemblage.

In the Cenozoic sequences of the Mackenzie Delta and Beaufort Sea, sediments are extremely difficult to date, because reworked species often make up more than 90 percent of the assemblage. Over the past 30 million years, massive amounts of sediments and associated microfossils were eroded by the river system and reworked into the younger Mackenzie Delta deposits. Dating these sediments with

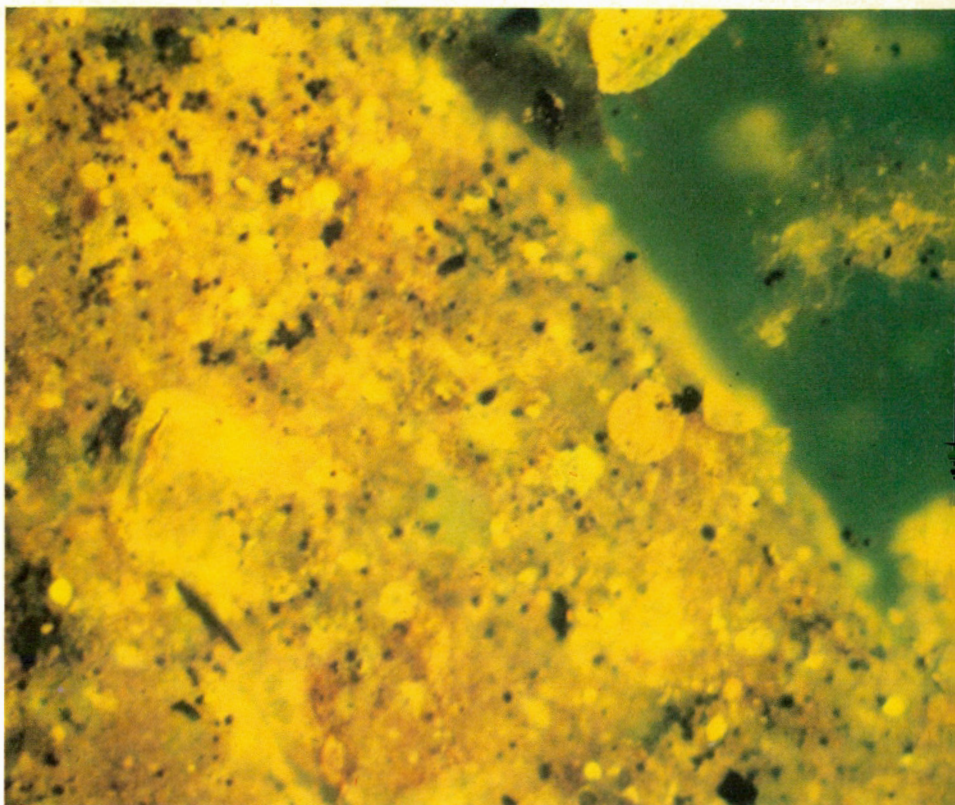
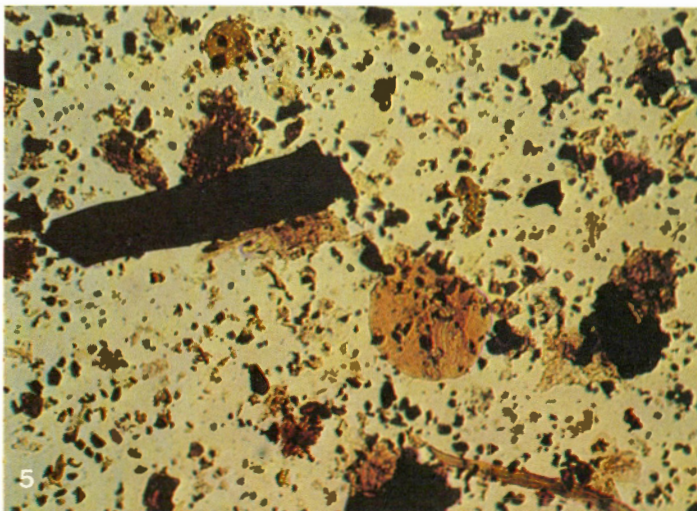


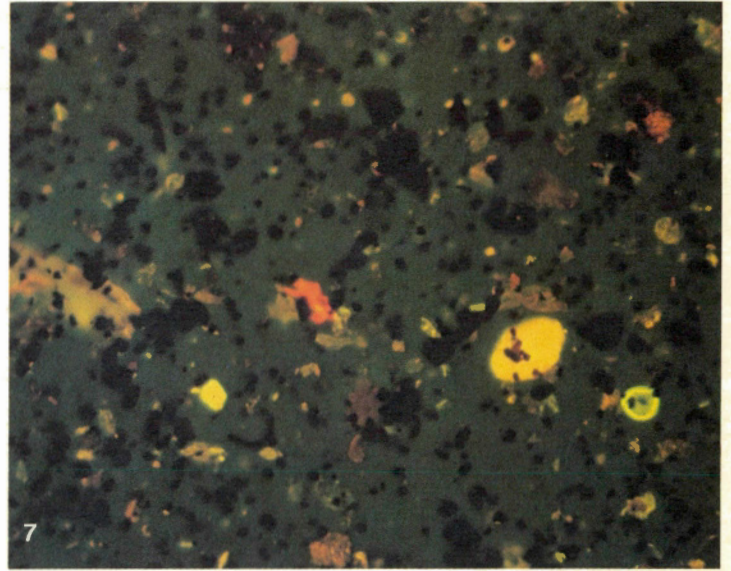
Figure 4 Organic remains from Hibernia P-15 well at 4200 m below sea level show yellow and orange thermochemical fluorescence

Les restes organiques provenant du puits P-15 d'Hibernia à une profondeur de 4 200 m sous le niveau de la mer donnent une fluorescence thermochimique jaune et orange

Organic remains of the Kopanoar M-13 well from 1500 m below sea level, shown with different filters, Figure 5 with normal light. Figures 6, 7 show yellow to green biochemical fluorescence. Figures 8, 9 emit blue biochemical fluorescence; material without blue fluorescence is considered reworked

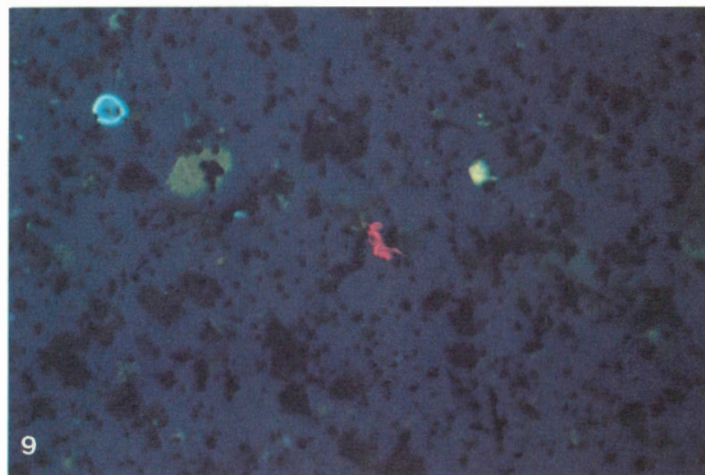
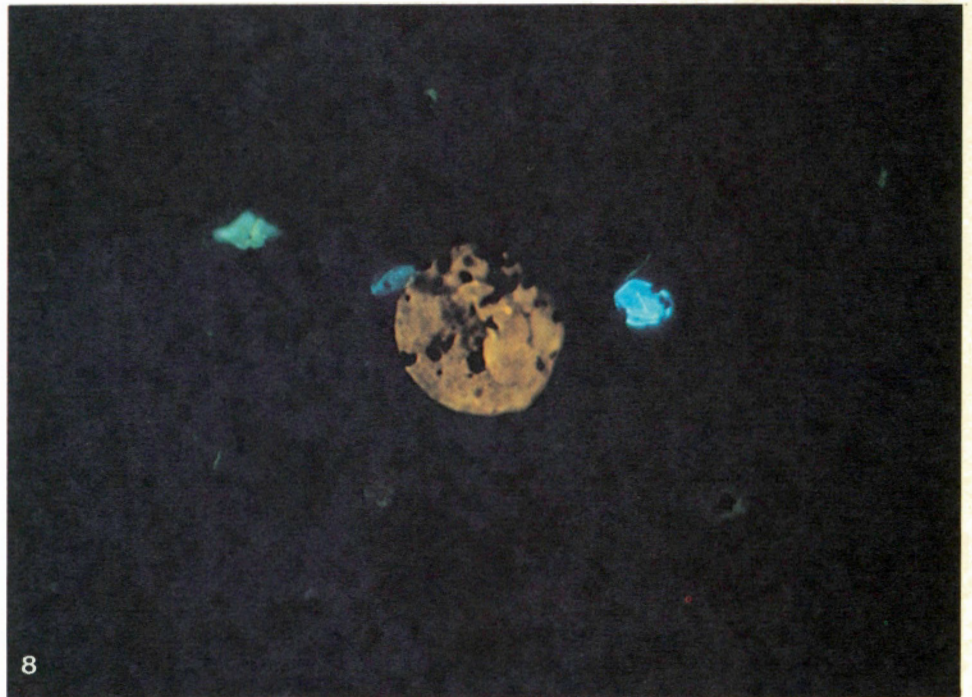
Les restes organiques provenant du puits M-13 de Kopanoar et recueillis à une profondeur de 1 500 m sous le niveau de la mer, montrés avec des filtres différents. Figure 5 donnent une lumière normale. Sur les figures 6, 7 on obtient une fluorescence biochimique allant du jaune au vert. Sur les figures 8, 9, la fluorescence biochimique est bleue; on estime que le matériau a été modifié s'il ne donne pas une fluorescence bleue





conventional microscopic techniques is almost impossible because the rare indigenous fossils can be so easily overlooked. Biochemical fluorescence provided a significant breakthrough in this area.

Geologists at the Atlantic Geoscience Centre examined sediments of organic material — spores, pollen, wood, and leaf fragments of land plants — from a major oil discovery well, Kopanoar M-13, drilled in the Beaufort Sea. Normal optical techniques reveal fossils of various ages, most of which represent reworked populations (Fig. 5). However using a filter to examine the yellow-red part of the spectrum, individual populations of reworked and indigenous species can be recognized (Figs. 6, 7). With a filter to show the blue part of the spectrum, only three specimens that are indigenous to the sediment show fluorescence (Figs. 8, 9). Geologists can thereby identify the indigenous species and date the sediments, a feat which is often possible only using fluorescence, since the specimens may be too pale to be observed and identified under ordinary light.



L'utilisation de la fluorescence pour étudier les débris organiques fossiles est une technique relativement récente qui s'est déjà avérée utile pour la datation des sédiments fortement remaniés dans la mer de Beaufort et pour l'identification des zones pétrolifères matures au large de la côte est. Il est possible de choisir les emplacements et les cibles des puits d'exploration avec plus de précision lorsqu'on comprend mieux l'origine et les modifications connexes de la fluorescence des matériaux organiques. Des recherches plus poussées pourraient révéler d'autres applications géologiques de cette technique.

Cet article est disponible en français.



La fascinante histoire des Montérégiennes

Utilisées à des fins religieuses, économiques et récréatives, ces collines dispersées sur les basses-terres du Saint-Laurent, des contreforts appalachiens jusqu'au Bouclier précambrien, ont suscité l'intérêt des artistes, des historiens et des géologues

Par Yvan Fortier et Maurice K. Séguin

Le 3 octobre 1535, Cartier gravit la montagne au pied de laquelle les Iroquois avaient établi le village d'Hochelaga.

« Et par le meilleu desdictes terres, voyons ledict fleuve (...) grand, large et spacieux, qui alloit au surouaist, et passoit par auprès de troys belles montaignes rondes, que nous voyons et estimyons qu'elles estoient à envyron quinze lieues de nous. »

Ces trois montagnes dont parlait l'explorateur portent aujourd'hui les noms de Saint-Bruno, Saint-Hilaire et Rougemont. Quant à la montagne qui lui permettait d'obtenir cet incomparable coup d'œil, Cartier l'appela « Le mont Royal », en

l'honneur du cardinal de Médicis, évêque de Monreale en Sicile, qui avait obtenu du pape une déclaration favorable à l'expédition française. C'est l'équivalent latin de mont Royal, soit "mons regius", qui a inspiré à Frank D. Adams, en 1903, l'épithète « montérégienne », laquelle a, par la suite, engendré le substantif correspondant.

Nous savons maintenant qu'il y a au moins neuf et peut-être même dix collines qui ont une affiliation avec les Montérégiennes, soit le mont Royal, le Saint-Bruno, le Saint-Hilaire, le Johnson (Saint-Grégoire), le Rougemont, le Yamaska, le Brome, le Shefford, le complexe d'Oka et possiblement le mont Mégantic.

Avant de faire l'objet des fouilles des géologues, plusieurs Montérégiennes avaient été scrutées par l'œil combien différent de l'artiste. Peintres et paysagistes avaient notamment célébré les collines de la zone montréalaise. Les paysagistes britanniques venus au Canada depuis la seconde moitié du XVIII^e siècle en ont laissé diverses représentations. En 1762, Thomas Patten a dessiné une vue de Montréal avec le mont Royal en arrière-plan. D'autres après lui ont repris des perspectives similaires. En 1793, George Heriot a dépeint Montréal à partir de l'île Sainte-Hélène. Richard Dillon, actif de 1781 à 1811, a également laissé une vue de la ville et de sa colline. De Thomas Davies, l'aquarelliste, nous conservons un tableau daté de 1812 montrant le Saint-Bruno, le Saint-Hilaire et le Rougemont à partir d'un point

d'observation qui fut peut-être celui de Cartier trois siècles auparavant. Edward Walsh (1756-1832) et Joseph Bouchette (1774-1841) ont à leur tour produit des esquisses où apparaissent ces mêmes « troys belles montaignes rondes ».

Dans *The New Guide to Montreal* publié en 1851, on retrouve un dessin lithographié de Whitefield montrant à l'horizon les monts Saint-Bruno, Saint-Hilaire, Rougemont et Johnson (Saint-Grégoire).

Le mont Saint-Hilaire nourrit l'imagination populaire et celle des écrivains. Dans un texte publié en 1853, Charles Leclère décrit la montagne sous ses différents aspects. Il parle de l'existence d'une porte étroite et fort élevée, s'ouvrant à même le mur perpendiculaire du flanc nord, qui serait l'entrée de la caverne aux fées, selon l'appellation des habitants de l'époque. Dans sa légende littéraire, Leclère rapporte qu'un vieil ermite aurait habité la caverne à la fin du XVIII^e siècle.

M. Maurice K. Séguin a enseigné pendant quatre ans à l'École polytechnique royale de Stockholm et est maintenant professeur agrégé au département de géologie et au programme de génie physique de l'université Laval.

Yvan Fortier a enseigné à l'université Laval, et il a mené des recherches sur les enseignés aux métiers artisanaux du bois, sur l'architecture et le mobilier anciens du Québec, ainsi que sur l'alimentation. Il est actuellement chercheur à Parcs Canada.



Dans un autre récit écrit vers la même époque, il est question d'un chercheur de trésor qui, après avoir pénétré dans la grotte, arrive dans un endroit garni de stalactites; là se trouvait une colonne d'or « fondue depuis des siècles par l'action volcanique », écrit l'auteur. En faisant sauter la colonne à la dynamite, l'aventurier est projeté par une irruption massive d'eau. C'est l'eau du lac Hertel situé au centre de la montagne qui avait envahi la grotte dont le plafond avait cédé sous l'impact.

Dans ses *Croquis laurentiens*, le frère Marie-Victorin raconte la légende d'un

bûcheron solitaire qui, effrayé par le sifflet de la première locomotive à remonter les rives du Richelieu, se serait enfui vers un village en racontant que les fées avaient envahi la montagne et s'apprêtaient à détruire le pays.

Cette littérature a, par ailleurs, influencé les gens au sujet de l'origine des Montérégiennes et notamment du Saint-Hilaire. Stanislas Côté écrivait que le lac Hertel occupait le principal cratère d'un volcan éteint et ce préjugé a eu la vie dure, tant et si bien qu'il persiste encore aujourd'hui.

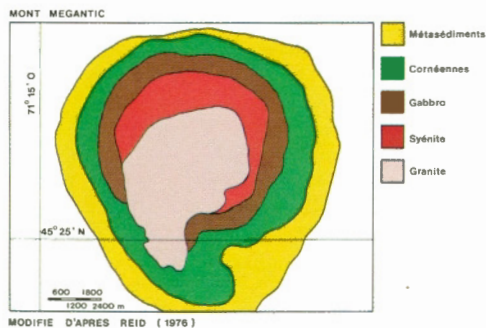
En réalité, aucune des Montérégiennes ne résulte d'une éruption volcanique. Le Saint-Hilaire, par exemple, est composé de roches alcalines injectées à travers la couverture rocheuse sédimentaire de la vallée du Saint-Laurent. Il semble, d'après les connaissances actuelles, que la Montérégienne, loin d'être un volcan typique, affecte plutôt la forme d'une cheminée verticale à terminaison laccolithique. La fonte des glaciers à la fin du pléistocène, voilà 13 000 ans environ, aurait radicalement accentué l'érosion des collines montérégiennes et arraché le reste de la couverture sédimentaire des terminaisons laccolithiques, laissant alors en état d'émergence leurs dômes en forme de champignon (monadnock). Toutefois, la formation de ces dômes en forme de champignon remonte bien plus loin encore, jusqu'à l'époque du crétacé (- 110 millions d'années environ).

(Modèle « A ») — Anthony Philpotts a conçu, en 1968, un premier modèle d'explication faisant appel à l'antagonisme de deux liquides immiscibles comme le seraient l'eau et le mercure. Partant du fait

que le « réservoir » ou chambre magmatique renferme une matière fluide (le magma) et porteuse de cristaux, Philpotts propose l'hypothèse suivante: le magma le plus fourni de cristaux lourds occuperait le bas du réservoir, alors que la nappe supérieure engloberait moins d'éléments solides. Sous l'effet d'un échange de chaleur entre les deux fluides immiscibles, le fluide inférieur se déplacerait rapidement depuis le centre vers les parois de la chambre dans un mouvement tourbillonnaire d'ascension. Le fluide s'engagerait alors dans les fractures de l'écorce terrestre. L'épaisseur de la couche sus-jacente de roches sédimentaires opposant une forte résistance au magma ascendant, le fluide se cristalliserait rapidement dans ce milieu de basse température loin sous la surface terrestre. La Montérégienne serait donc issue d'un processus volcanique bloqué dans son évolution.

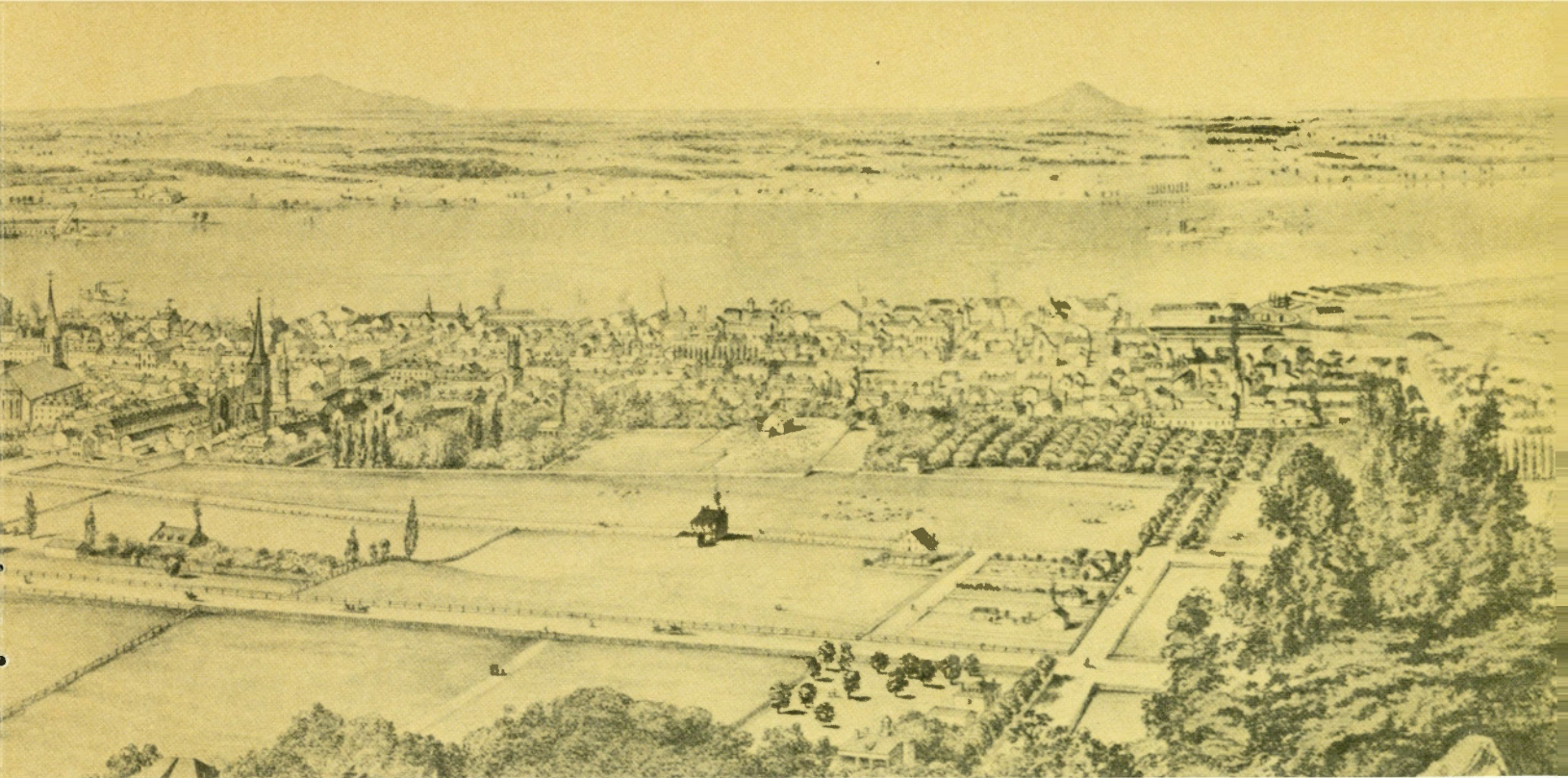
(Modèle « B ») — En 1970, Bhattacharji et Nehru introduisirent une seconde hypothèse. Leur modèle suppose la différenciation des composantes de la Montérégienne par fluxage. Il y aurait, avant ou pendant le processus d'intrusion, un phénomène de cristallisation d'un noyau basique semi-solide enrobé d'un fluide lui-même cristallisé en partie (sans doute plus acide), et ce dans la chambre magmatique et (ou) les conduits d'ascension.

(Modèle « C ») — Un troisième modèle, de type pétrologique, fait appel à l'idée du fractionnement (différenciation) des cristaux d'un magma originellement homogène (probablement un basalte à olivine alcalin). Il semble que ce soit là la théorie la plus largement acceptée.



Vue en plan de la géologie du mont Mégantic, la seule Montérégienne à intégrer du granite, et en importante quantité, dans sa structure

Geological cross section of Mount Mégantic, the only one in Quebec's Monteregian hills in which granite is integrated in large quantities



(Modèle « D ») — Il existe une variante de l'hypothèse précédente qui privilégie, cette fois, un processus de fusion partielle et progressive, en cours d'ascension du magma, à la différenciation "in toto".

(Modèle « E ») — Venons-en maintenant à une autre hypothèse de mise en place. On a procédé récemment à des levés de réflexion sismique dans les basses-terres du Saint-Laurent à la recherche d'hydrocarbures. Certaines trajectoires de levé approchaient jusqu'à moins d'un demi-kilomètre des monts Saint-Hilaire, Rougemont et Yamaska. Or, l'onde de choc réfléchi par les strates légèrement inclinées des sédiments paléozoïques (- 500 millions d'années) s'est révélée uniforme, et ce même dans le voisinage immédiat des collines.

De tels résultats suggèrent une interprétation nouvelle: la Montérégienne ne serait pas la tête émergée d'une colonne cylindrique ni d'une masse verticale conique de magma refroidi. D'après ce modèle géophysique, le magma sous-jacent à l'écorce terrestre aurait infiltré les fondements cristallins de l'écorce en suivant les failles quasi verticales d'effondrement

encore actives (en extension) au crétacé. Le fluide aurait poursuivi sa route le long de failles de chevauchement incurvées en oblique, ce qui lui aurait procuré la forme d'un ruban magmatique relativement mince. Parvenu dans un environnement rocheux déformable sous l'action de la chaleur et de la pression, le filet de magma se serait étalé peu à peu jusqu'à former une importante masse en champignon se cristallisant au fur et à mesure. La portion supérieure de cette masse apparaîtrait plus tard sous l'effet d'un décapage érosif.

Notons que les schistes argileux de l'Utica ou du Lorraine constituent le réceptacle idéal pour la formation d'un tel bulbe. Or, il appert que ce soit là le milieu ambiant de la plupart des Montérégiennes. L'interprétation des données magnétiques et gravimétriques disponibles, jointe aux résultats obtenus par réflexion sismique, vient étayer l'hypothèse de la structure laccolithique de ces collines.

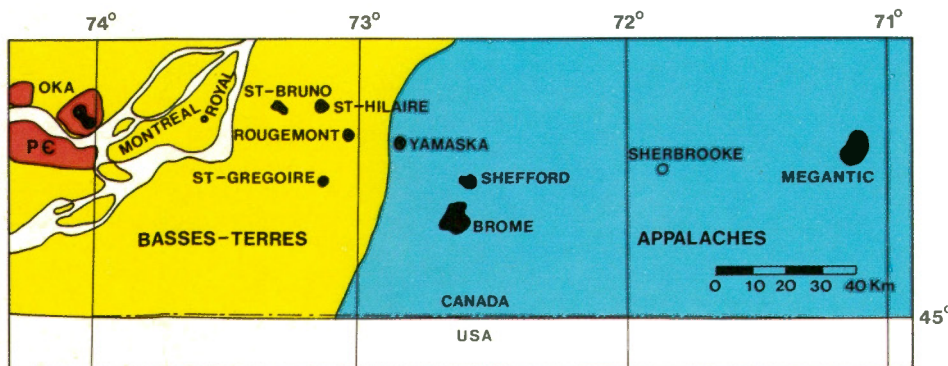
Description géologique et chimisme montérégien

L'aspect structural des Montérégiennes est varié. Le mont Johnson est d'une forme nettement circulaire; le mont Mégantic est

de caractère plus ovale et se différencie par son anneau externe en forme de crête; au mont Brome, la structure subcirculaire est obtenue par une série de rubans concentriques discontinus. Cet arrangement en rubans apparaît aussi à Oka et la forme globale est elliptique suivant une orientation sud-est et nord-ouest. La plupart des Montérégiennes, telles le mont Royal ou le Rougemont, possèdent une multitude de ramifications, dykes ou filons-couches, originant du corps central et ayant une orientation est-ouest ou nord-est.

On remarque une nette variation du chimisme dans le temps, la période initiale se caractérisant surtout par des roches ultramafiques et mafiques, la période intermédiaire par les monzonites et les essexites, et la phase tardive par des syénites et des granites. La période tardive offre un surcroît d'intérêt du fait que le chimisme de cette période varie en fonction de l'espace. Les intrusifs les plus à l'ouest restent déficients en silice; ceux de l'est, par contre, en sont sursaturés. Le tableau ci-dessus ne tient que partiellement compte du fait que l'âge des intrusions décroît d'ouest en est.

Des manifestations religieuses se sont déroulées sur plusieurs des Montérégiennes. Dès le 6 janvier 1643, Paul Chomedey, sieur de Maisonneuve, érigeait une croix sur le mont Royal pour donner suite à un vœu qu'il avait fait si l'établissement naissant de Ville-Marie était épargné de la crue soudaine du Saint-Laurent. Un lieu de pèlerinage a par la suite été créé sur le mont Royal; le frère André (Alfred Bessette, 1845-1937), originaire de Saint-Grégoire près du mont Johnson (Saint-Gégoire), y fit en effet construire un oratoire dédié à saint Joseph, patron du Canada depuis 1637.



CHIMISME DES MONTÉRÉGIENNES				
+/-130 à -80 millions d'années				
	Période initiale	Période intermédiaire	Période tardive	
EST ↑	Mégantic	gabbro	syénite	granite
	Brome	gabbro	monzosyénite	syénite calco-alcaline
	Shefford	gabbro	monozodiorite	syénite calco-alcaline
	Yamaska	péridotite gabbro	gabbro (essexite)	syénite à néphéline
	Johnson (Saint-Grégoire)		gabbro (essexite)	syénite calco-alcaline
	Rougemont	péridotite pyroxénite	gabbro hybride	
	Saint-Hilaire	pyroxénite gabbro	gabbro (essexite)	syénite à néphéline
	Saint-Bruno	péridotite	gabbro à quartz	syénite alcaline
	Mont Royal	pyroxénite gabbro	granodiorite syénite ou synédiorite	monzosyénite à néphéline
↓ OUEST	Oka	péridotite pyroxénite	carbonatite série: ijolite-urtite	pegmatite granitique

La Montérégienne d'Oka sert de lieu de dévotion à partir du Régime français jusqu'à tout récemment. Les Sulpiciens responsables de la mission amérindienne du Lac-des-Deux-Montagnes y édifièrent une série de sept chapelles rattachées à la dévotion au chemin de la croix. Ces constructions de pierre de style apparenté au roman remontent à 1740-1742 et la montagne porta longtemps le nom de mont Calvaire. Le complexe d'Oka est par ailleurs le siège d'une institution religieuse de renom: le monastère des Trappistes où les moines dispensèrent un enseignement agricole à partir de 1893 et construisirent une fromagerie dont les produits ont atteint la notoriété.

Enfin, à l'occasion des croisades de prédication religieuse que l'Église québécoise inaugura au XIX^e siècle, le Saint-Hilaire, qui est la colline la plus haute des environs de Montréal, devint le théâtre d'une manifestation de foi. Devant une foule de 20 000 fidèles massée sur la rive du lac Hertel, monseigneur de Forbin-Janson, évêque de Nancy en France, prit la parole depuis un radeau jeté sur l'onde. Ce jour-là, le 6 octobre 1841, il bénit un calvaire érigé sur la montagne dont le point culminant était une grande croix mesurant 100 pi de hauteur qui surmontait une chapelle construite au sommet de la montagne « connu depuis un temps immémorial sous le nom de Pain-de-Sucre ». Il faut également mentionner qu'une chapelle a aussi été construite sur le mont Mégantic au début du siècle actuel.

Les Montérégiennes ont également fourni un apport économique de diverses façons. Tandis que la pomme est cultivée de façon extensive sur le Rougemont, et de façon moindre sur le Saint-Hilaire et le Brome, c'est l'industrie forestière qui se pratique sur les monts Shefford et Mégantic alors que l'agriculture occupe une part assez importante du terroir sur le mont Brome.

L'extraction de la pierre a caractérisé le mont Royal au XIX^e siècle et le Johnson (Saint-Grégoire) ainsi que le Mégantic au XX^e siècle. On extrait de la pierre concassée du Saint-Bruno, du complexe d'Oka et du Saint-Hilaire. Quant au gîte de niobium du complexe d'Oka, on en a cessé l'exploitation en raison de problèmes financiers et de la faible teneur du minerai. Soulignons enfin que les collectionneurs de minéraux rares vont régulièrement faire des excursions au complexe d'Oka, ainsi qu'aux monts Royal et Saint-Hilaire.

Par ailleurs, neuf moulins furent érigés le long du ruisseau de décharge du lac Hertel sur le Saint-Hilaire au cours du dernier quart du XVIII^e siècle et pendant le XIX^e siècle. Ils ont servi à moudre le grain ou au sciage du bois, à fabriquer des portes et fenêtres ou à fabriquer des textiles. Un de ces moulins fut occupé par un taillandier tandis qu'un autre actionnait un pressoir à cidre. Une telle infrastructure économique supposait évidemment un niveau de peuplement avancé: la montagne comptait 1 520 habitants en 1850. On retrouve un

phénomène similaire d'occupation permanente sur les pentes du mont Royal mais dans un contexte résidentiel urbain.

Déjà en 1676, une mission avait été établie sur le flanc de la montagne pour les Amérindiens. Détruit par une conflagration en 1694, l'ensemble fut réédifié en pierre et servit de résidence aux Sulpiciens qui l'agrémentèrent d'une magnifique pièce d'eau en 1700 ainsi que de jardins pour le délassement et la promenade. Ces travaux préfiguraient la vocation récréative ultérieure du mont Royal.

L'exploitation commerciale du minerai des monts Saint-Hilaire et Saint-Bruno menace, par ailleurs, l'environnement de sites à fort potentiel récréatif, comme ceux du Rougemont, du Johnson (Saint-Grégoire) et du Saint-Bruno, sur les pentes desquels les skieurs peuvent s'adonner à leur sport.

Est-il nécessaire, enfin, de rappeler la fonction éminemment culturelle du mont Royal où se retrouvent des institutions d'enseignement, dont l'Université de Montréal, ou encore celle du Mégantic couronnée depuis quelques années d'un important observatoire astronomique.

Les intrusions montérégiennes ne sont pas toutes visibles. Des levés aéromagnétiques réalisés après la Seconde Guerre mondiale couvrant les basses-terres du Saint-Laurent ont mis à jour certaines anomalies. En l'absence de toute colline visible on a pu quand même retracer la signature caractéristique de la Montérégienne.

Il y aurait, par exemple, à 5 km à l'ouest du Johnson (Saint-Grégoire), un pluton dissimulé à 50 ou 100 m de la surface et, à 11 km au nord-ouest du Saint-Bruno, un second pluton à une profondeur de 700 m. Plusieurs intrusions de type montérégien seraient donc restées enfouies sous les couches sédimentaires des basses-terres de la vallée du Saint-Laurent.

The term Montérégiennes refers to a group of ten or so hills scattered over the lowlands of the St. Lawrence, from the Appalachian foothills to the Laurentian Shield. A number of hypotheses and models have been proposed to explain their geological formation.

As early as 1535, Jacques Cartier climbed on one of the Montérégiennes, Mount Royal, to describe the surrounding countryside, including the outline of three more hills of the same group. Since then, many writers and artists have depicted them. Some of them were the scene of religious events, and most bring some economic benefit through industrial, agricultural, sports or social activities.

This article is also available in English.

Radarsat

Envisioned to emphasize Canadian sovereignty, it will have a host of commercial applications

By Gabriella Goliger



Shrouded in darkness half the year, choked with ten-foot thick ice floes, Canada's Northwest Passage is probably the most challenging shipping route in the world.

Yet, by the 1990's, it is possible this treacherous corridor will be traversed regularly, year-round, by tankers and supply ships enroute to Arctic oil and gas fields. It is also likely that Arctic ship captains will be guided by one of the world's most sophisticated remote sensing satellites — Radarsat — now being developed through EMR's Canada Centre for Remote Sensing.

The Radarsat project will cost an estimated \$300 million over five years. But the investment will be worth far more to its users; the oil and gas industry alone could save roughly \$100 million per year in shipping costs. It could repay its investors within its first year of operation.

Scheduled for launching in 1990, Radarsat will carry a highly advanced radar technology, synthetic aperture radar (SAR) which can 'see' day and night, in any kind of weather, and is especially effective in forecasting northern ice conditions.

SAR is a side-looking radar system transmitting microwave impulses obliquely at the earth's surface as it is carried along a path. The system then synthesizes images from the backscattered radiation. Relatively small, the SAR antenna functions as if it

were extremely large by recording and combining, through computer, signals received at different positions along track.

The first satellite to carry SAR was the U.S. Seasat, launched in 1978, which gathered vast amounts of information around the world through numerous experimental projects. The success of this mission convinced Canada, a major participant in the Seasat program, to develop its own SAR-bearing satellite. In 1980 the Radarsat project was initiated.

First envisioned as a means of exercising Canadian sovereignty over newly extended offshore limits, the scope of the Radarsat project soon broadened to include a host of possible sea and land applications such as ice forecasting, crop monitoring, oil spill detection and resource exploration.

Unlike Seasat, Radarsat will be geared specifically to Canadian needs and will have a primarily commercial rather than scientific orientation. Its data will be marketed to specific users.

Radarsat will also feature a number of technical innovations making it superior for certain uses to any other remote sensing satellite hitherto developed.

The major innovation will be a moveable SAR beam that can be positioned at different angles to gather more information

than a stationary beam. This means that Radarsat can have a potential swath width (the width of area covered as the radar moves along track) of 500 km — five times wider than the Seasat swath.

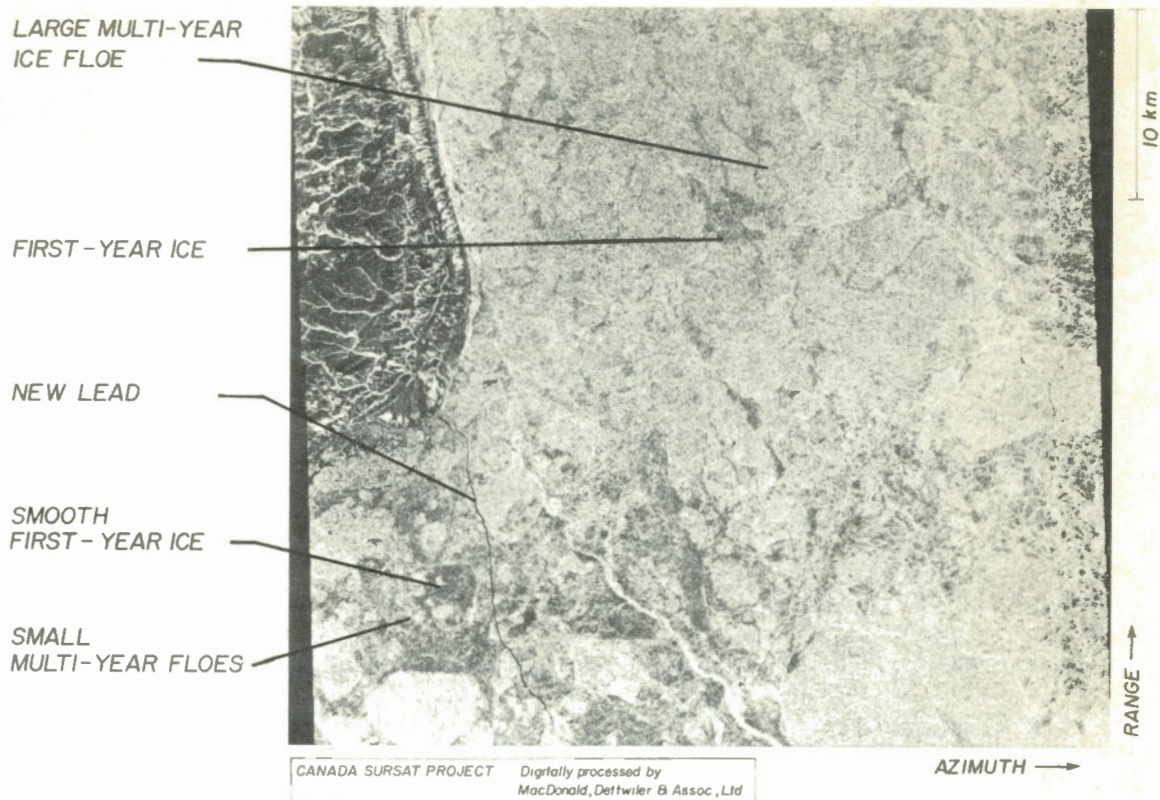
The ability to position the SAR beam at different angles will also allow the collection of stereo radar imagery, useful for topographical mapping.

Radarsat will also be the first SAR system to operate in C-band, a short, higher resolution microwave than the L-band used by Seasat. Though technically difficult to implement, C-band is versatile. It can, for example, distinguish different kinds of ice. It is sensitive to moisture in vegetation, and can therefore be useful in analyzing the health of crops.

To produce commercially useful data, the Radarsat system will have to be capable of very rapid turnaround, that is, to gather, analyze and transmit information to users quickly.

In Arctic shipping, for example, ice condition forecasts quickly become outdated with often unexpected shifts in ice

Gabriella Goliger is an Ottawa freelance writer who writes for GEOS, Communications Canada, and Ottawa journals.



floes. A delay of a few hours can cost thousands of dollars. In order to choose safe, economic routes, captains must have accurate, timely information. Radarsat researchers predict that the system will provide ships with composite ice maps within hours of the satellite's passing overhead.

Moving along track, the SAR will harvest data and transmit it to ground receiving stations where it will be converted into digital images. Image data will be relayed by communication satellite to an Ice Information Centre in Ottawa. Here SAR images will be integrated with information from other sources and a composite picture of conditions transmitted, again via communications satellites, to ships (Fig. 1).

Capable of processing up to a million square kilometres of surface imagery per day, Radarsat will be well suited to collecting scientific data over Canada's vast, sparsely populated territory. Its usefulness will by no means be limited to Arctic shipping. In fact, any large drops in OPEC oil prices may retard the exploitation of more expensive Arctic resources, so northern shipping may not be as extensive by the end of the decade as hitherto expected. However, Radarsat scientists have been researching hundreds of applications for the new technology, so the system will not rely on one kind of user.

Able to measure such things as soil and vegetation moisture and soil salination, the Radarsat system will be especially useful in agriculture. For example, the system will be

able to monitor health in crops, to predict the extent of harvests and aid in inventory control and marketing. The system will also be able to help in timber mapping, forest regrowth monitoring and forest fire surveillance.

Sensitive to water surface texture, Radarsat will be able to discover new freshwater sources, forecast floods, detect oil spills and monitor currents that affect offshore drilling operations.

Measuring density and depth of snow, the system will also provide information on snow distribution. This is important for reservoir management, crop irrigation and hydro power, and in flood forecasting.

The SAR sensors can accurately detect changing patterns of vegetation and different contours of the earth's surface, providing useful clues on subsurface features for geologists. For instance, gas field structures can be defined from associated surface fracture zones.

Though developed primarily for Canadian uses, Radarsat will cover every part of the earth and could make data available to foreign countries, thereby generating extra revenues. For example, the system could monitor the harvesting of tropical forests and help Third World countries manage their resources.

To design a system best suited to a variety of uses, Radarsat scientists spent two years studying many applications of the technology and drawing up mission

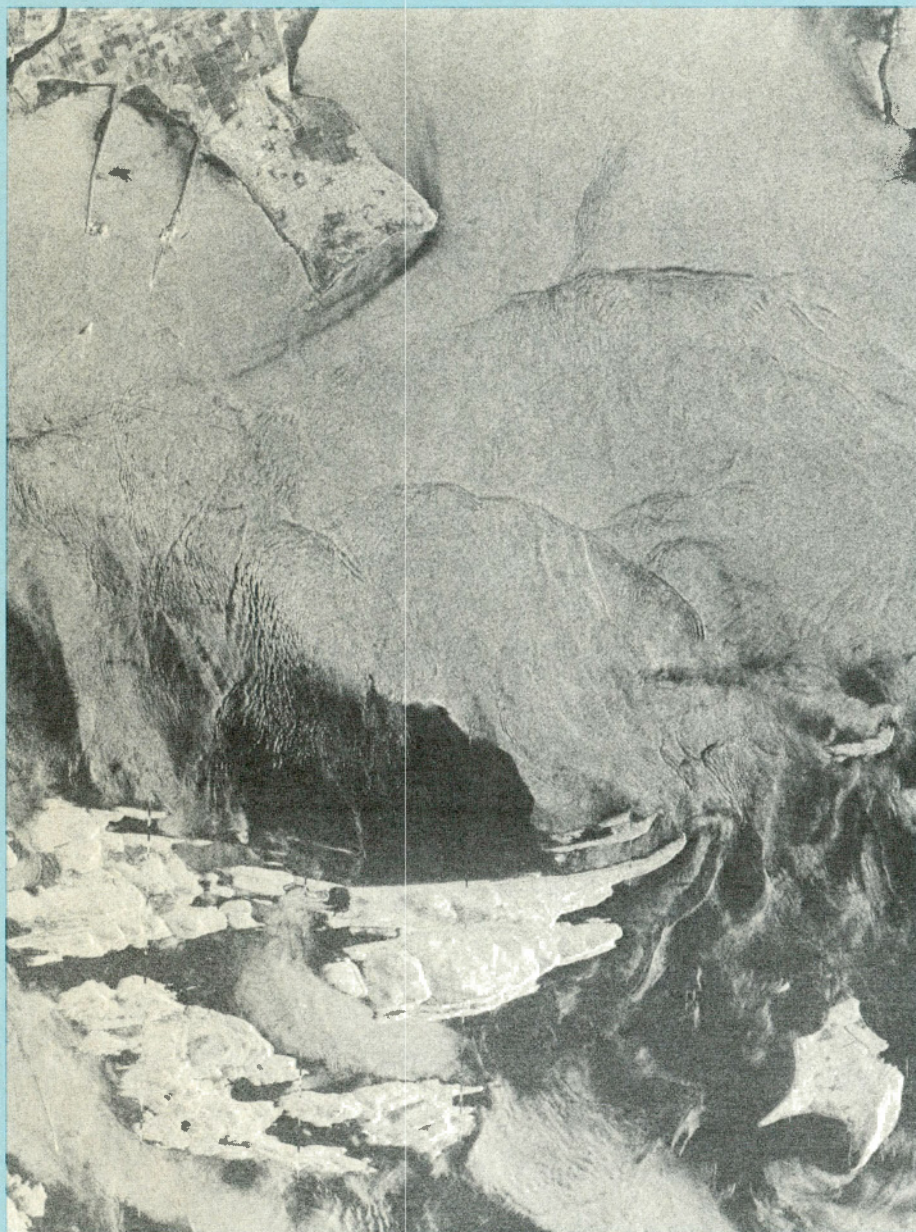
requirements. These specify the optimal parameters — such as the frequency and swath width — needed for a wide range of applications. In the next step, just completed, researchers studied various design options which would meet the performance requirements. Next, a set of options will be selected and detailed design studies carried out. During the final phases of the project, design requirements will be implemented and technology developed.

In addition to SAR, Radarsat may carry one or more of the following sensors: a scatterometer, mapping winds over oceans; an optical imager, gathering data in both the visual and infrared spectrum; a scanning microwave radiometer, measuring emitted microwave radiation; and an altimeter, to determine the shape of land and ocean surfaces.

If all goes according to schedule, the new satellite will be launched in early 1990 and remain in orbit for five years. Further similar remote sensing satellites may follow, depending on user needs and the success of the program.

One of the main technical problems still to be overcome will be to achieve sufficient power for the power-hungry C-band radar. Solar arrays absorbing energy from the sun will be affixed to the satellite, but additional power will have to be provided through potent batteries.

Scientists will most likely try to optimize use of solar energy by careful planning of the orbital path.



This Seasat-SAR image of part of the Georgia Strait south of Vancouver illustrates a number of features of interest to oceanographers. The brightness of the ocean surface is a function of the height of the capillary waves produced by the interaction of wind and sea conditions. For example, wind shadow north of the islands results in a darker area, and periodic divergence and convergence of surface water due to internal waves produces a banded appearance. For similar reasons ships' wakes can be seen, and frequently the ships themselves, depending on their size and orientation to the radar beam.

In this scene numerous ships are visible; the letter A on the drawing marks the position of a group of ferries and similar size vessels. The tide has just turned to flood and internal waves are forming in the area bounded by the front marked B. Those bounded by fronts at C and D are from preceding flood tides, generated through the same gap between the islands but distorted by wind and tidal currents as they advanced.

Internal waves produced by the interaction of shearing currents over horizontal density boundaries are common in coastal regions. Their current velocities can cause severe problems for offshore drilling platforms.

Circling the earth via the poles fourteen times a day, Radarsat will travel in a sun-synchronous orbit. This means the plane of the orbit does not move relative to the direction of the sun. Thus the satellite crosses the equator at the same local time with every pass. The satellite could be positioned in a dawn/dusk orbit so that it would always ascend over one side of the earth at dawn and descend over the other side at dusk, thus placing the solar arrays in continuous light.

Remote sensing satellites using conventional sensors which rely on natural light to illuminate the earth cannot be placed in such a dawn/dusk orbit, because the sensors will not have sufficient light to 'see' the earth's surface. But radar provides its own illumination, so to speak, by transmitting impulses, and thus can be used at any time of day. The factor limiting use of

Radarsat's SAR will be power supply, so the system will probably not be switched on for more than 15 to 20 minutes per orbit.

Another major challenge of the Radarsat project will be finding a way to rapidly process and analyze vast streams of information. Researchers are developing a highly specialized data processing system which will transform raw data into quality imagery in a matter of hours.

Of the estimated \$300 million cost, \$17 million has so far been provided through the Canadian government for preliminary development. Costs may eventually be shared by potential users like oil and gas companies as well as foreign space agencies such as the U.S. National Aeronautics and Space Administration and the European Space Agency.

Radarsat est un nouveau satellite perfectionné de télédétection mis au point par le Centre canadien de télédétection d'EMR. Radarsat, dont le lancement est prévu pour 1990, sera équipé de la technologie la plus avancée dans le domaine du radar, soit d'un radar à ouverture synthétique (ROS) qui peut scruter de jour et nuit, par beau temps comme par mauvais temps et servira à de multiples usages.

Le ROS peut notamment prévoir avec exactitude l'état des glaces dans le Nord et peut être utilisé pour la surveillance des récoltes, la détection des fuites de pétrole et l'exploration des ressources.

Cet article est également disponible en français.



De l'amiante moins toxique grâce à la phosphorylation

par Marcel Cossette

L'amiante, c'est bien connu, est une fibre minérale sans pareille qui résiste à la chaleur, à l'humidité et aux micro-organismes. Il constitue un isolant contre le bruit, la chaleur et le feu, résiste à l'usure et à la déformation sous charge ou au choc. L'amiante améliore les produits qui le contiennent en augmentant leur satinage, leur dureté et leur opacité et augmente la résistance aux produits chimiques, à la lixiviation et à la putréfaction.

Cependant, dès 1906, un chercheur du Département d'hygiène à Paris, en France, M. Marcel Auribault, s'inquiétait et soulignait qu'il fallait observer des règles d'hygiène industrielle élémentaire afin de s'assurer que l'amiante ne représente pas un danger pour la santé.

Depuis la fin des années 50, les conditions ont été améliorées dans nos mines, de sorte que l'amiantose est actuellement en voie de

disparition. Il existe par contre une autre maladie, appelée mésothéliome, qui résulte de l'exposition aux poussières d'amiante. Il s'agit d'une forme extrêmement rare de cancer. Signalons par ailleurs qu'une certaine incidence élevée de cancer bronchogénique a été signalée chez les travailleurs de l'amiante. Il existe donc d'impérieuses raisons de modifier l'amiante de façon à le rendre sûr du point de vue physiologique.

M. André Deruyttere, un chercheur à l'Université de Louvain et à la société Eternit SA, en Belgique, a noté que des travailleurs belges exposés aux poussières d'amiante-ciment semblaient exempts des maladies dont étaient atteints ceux qui étaient exposés à l'amiante seul. Subséquemment, les laboratoires de Battelle North West, aux États-Unis ont démontré le même phénomène sur des rats fortement exposés aux poussières d'amiante-ciment, ou d'amiante seul, ou de ciment seul. Ce qui était intrigant dans ces résultats était le fait que parmi les poussières d'amiante-ciment, il y avait bon nombre de fibres d'amiante sans modifications apparentes.

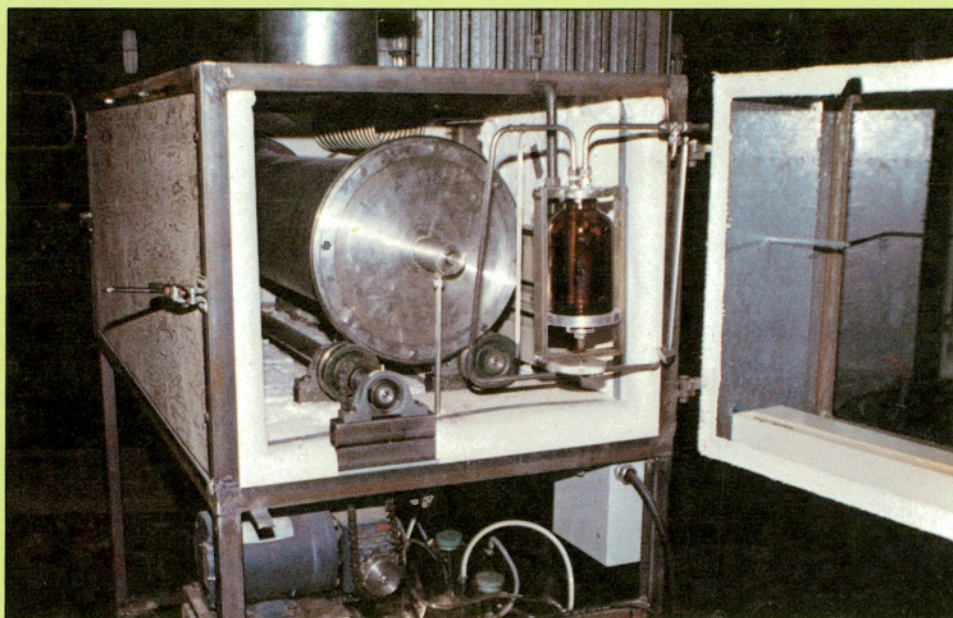
Quelques années avant ces événements, des chercheurs avaient réussi à modifier l'amiante pour la rendre non toxique. Une des premières transformations consistait à faire réagir l'amiante avec le PVPNO (poly-2-vinylpyridine-1-oxyle) pour produire des fibres nullement toxiques.

Dès 1979, M. J.-M. Lalancette, qui était alors directeur du Programme de recherche sur l'amiante de l'Université de Sherbrooke, et qui est maintenant vice-président de la R-D à la SNA, avait conçu l'idée d'une modification de l'amiante qui donnerait une nouvelle fibre inorganique ayant d'aussi bonnes propriétés physiques, sans effets physiologiques pour l'homme, à un coût acceptable.

Pour en arriver à ce résultat, il fallait utiliser un réactif inorganique et utiliser un procédé à sec, étant donné qu'un procédé par voie humide entraînerait des coûts plus élevés et des altérations de caractéristiques utiles. Les découvertes de Battelle indiquaient qu'une réaction à la surface, comme celle causée par le ciment, pouvait être efficace. Donc, les premiers essais de M. Lalancette portèrent sur des réactions à sec avec des alcalins, ou des oxydants puissants. Les résultats étaient intéressants, mais insuffisants. La gamme des réactifs fut donc élargie pour inclure tous les réactifs inorganiques peu coûteux. Parmi ces derniers, l'oxychlorure de phosphore (POCl₃) semblait être l'un des plus avantageux.

Réacteur en acier inoxydable pour essais à température élevée

Stainless steel reactor for testing at high temperatures

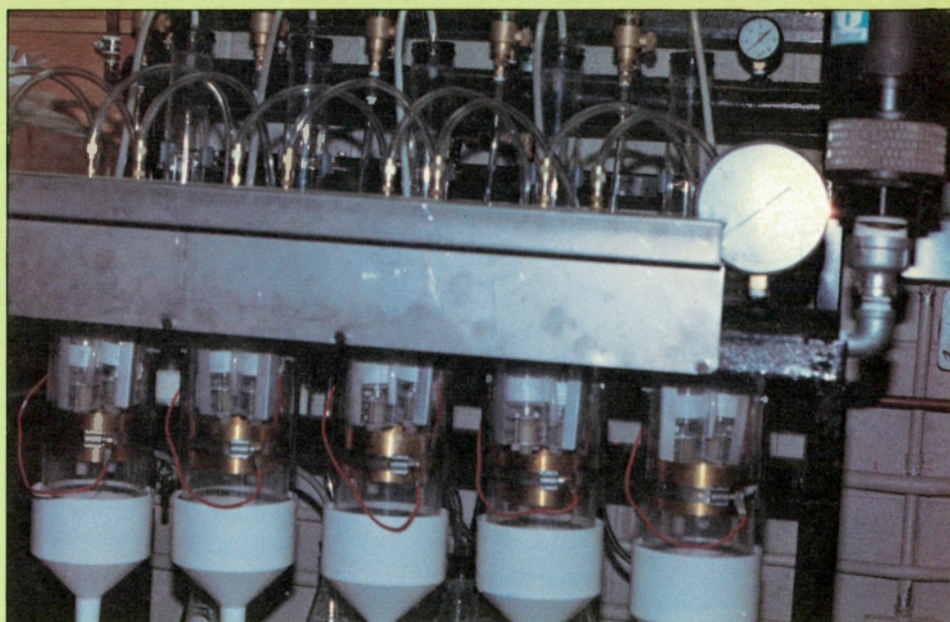


L'oxychlorure de phosphore est un liquide à température et pression ambiantes. Il est très volatil et ses vapeurs sont des plus réactives. La vapeur est même fortement corrosive et toxique. Les essais initiaux furent effectués dans un réacteur de plexiglass mesurant 15 cm de diamètre et 30 cm de long, en rotation autour d'un axe horizontal par lequel la vapeur de POCl_3 était admise au moyen d'un joint rotatif. Après une période de contact prolongée pour effectuer la phosphorylation, l'afflux de vapeur était remplacé par un balayage à l'azote pour éliminer la vapeur résiduelle des interstices. Le produit fut analysé chimiquement et l'on constata qu'il y avait eu formation d'un composé de phosphore qui reçut le nom de chryso-phosphate. Ce produit fut essayé sur des cultures de cellules pulmonaires du type macrophage afin d'évaluer sa toxicité, et les premiers essais furent encourageants.

Dans le cas des maladies humaines associées à l'amiante, ce sont les poussières dont la longueur se situe entre 10 et 200 μm et ayant les diamètres les plus fins qui sont considérées comme les plus physiologiquement actives. Selon l'hypothèse de M.A. Stanton du National Cancer Institute des États-Unis, qui est la plus répandue, la toxicité des fibres de composition chimique stable dépend seulement de leur rapport diamètre: longueur. Il s'agit de l'effet Oppenheimer ou effet de la dimension des agents réactifs en fonction de leur réactivité. Cependant, M. Lalancette est d'opinion que ces critères représentent une condition nécessaire, mais non suffisante, et que la chimie de surface est tout aussi importante. Pour ces raisons, il était donc nécessaire de séparer les particules de dimensions intéressantes après la réaction de phosphorylation. De plus, seules les particules de dimensions respirables se prêtaient bien aux essais de cytotoxicité.

Pour effectuer la séparation des fractions les plus fines, un procédé de triage par élution, l'élutriation, fut mis au point. Ce système consiste en un lit fluidisé composé de très petites billes de verre bombardant le spécimen de chryso-phosphate qui y est déposé et libérant ainsi les particules les plus fines. Ces dernières sont entraînées par le flux d'air qui provoque la fluidisation, et acheminées dans un séparateur cyclonique qui élimine les particules moins fines. Celles qui échappent à l'élimination sont ensuite captées sur des membranes filtrantes de type nucléopore d'où elles sont cueillies pour les essais de cytotoxicité.

Après les essais initiaux qui furent effectués dans le cadre du Programme de recherche sur l'amiante de l'Université de Sherbrooke, les recherches furent poursuivies par la SNA avec l'appui de l'IRDA. Cette recherche avait pour but l'optimisation et la mise au



Élutriateur pour l'extraction des poussières respirables. Les vaisseaux à l'arrière-plan contiennent les lits fluidisés et ceux à l'avant-plan contiennent les séparateurs cycloniques et les membranes de filtration

Separator for dust extraction. Receptacles in background contain the fluidized beds. Those in foreground contain the cyclonic separators and filtration membranes

point d'un procédé industriel. Cette mise au point s'effectue sous la direction de M. Pierre Delvaux, gérant de projets de la SNA et l'évaluation biotoxique est pilotée par M. Jacques Dunnigan, directeur de l'IRDA. Des études de cinétique furent tout d'abord effectuées sur une petite cellule contenant de l'amiante statique. L'hémolyse fut adoptée comme critère approximatif de cytotoxicité. Il s'agissait simplement de placer les fibres en contact avec une suspension contenant des cellules rouges du sang, et de déterminer le pourcentage des cellules qui étaient lysées en 60 minutes. Plus ce pourcentage était élevé, plus le spécimen était considéré comme toxique. Une substance non toxique tel que l'oxyde de fer peut avoir un taux d'hémolyse de 15 %. Des fibres de chryso-phosphate qui donnent 15 % ou moins d'hémolyse sont donc considérées satisfaisantes.

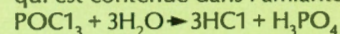
Ces études démontrèrent que, pour des vapeurs de POCl_3 ayant des humidités relatives de 10 à 15 %, le taux d'hémolyse était une fonction linéaire de la teneur en phosphore du chryso-phosphate, et que des taux inférieurs à 15 % étaient obtenus avec 1,8 % de phosphore.

Les taux de réaction obtenus avec différentes concentrations de vapeur (fig. 1) indiquent que l'augmentation en poids en fonction de la racine carrée du temps, à une concentration donnée en POCl_3 , est représentée par une droite dans la première partie du phénomène, et une droite de plus faible coefficient angulaire dans la seconde partie. Cela indique qu'il se produit deux phénomènes de diffusion distincts. Dans la première partie, il s'agit d'un phénomène

d'adsorption et de condensation capillaire (système de Kelvin). Dans la seconde partie, il s'agit d'un phénomène de diffusion limitant un phénomène de réaction chimique avec la surface.

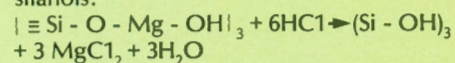
Le chryso-phosphate initial laissait à désirer en raison de sa solubilité partielle. On utilisa plusieurs approches pour résoudre cette difficulté et c'est M. Delvaux qui trouva finalement une solution en chauffant le produit pour obtenir la formation des pyrophosphates insolubles.

La réaction débute avec l'humidité de 1 % qui est contenue dans l'amiante:



Première réaction

Le HCl (chlorure d'hydrogène) réagit avec le chrysotile pour former des groupes silanols:

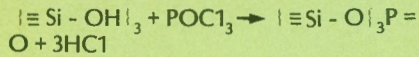


La molécule à la surface de l'amiante ajoutée à l'acide chlorhydrique fourni par la décomposition du POCl_3 en contact avec l'humidité donne une molécule de silanol résultante à la surface de l'amiante plus un sel qui est un sous-produit inutile et de l'eau formée par la réaction.

Ingénieur chimiste diplômé de l'Université McGill en 1960, M. Marcel Cossette a effectué des travaux de recherche sur la tourbe, l'écologie et l'amiante pour l'Asbestos Corporation, l'Université de Sherbrooke et la SNA. Il est actuellement directeur de la recherche technologique à la SNA.

Deuxième réaction

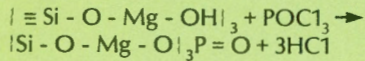
Les groupes silanols ainsi formés réagissent avec le POCl_3 pour former une liaison insoluble:



Le groupe silanol à la surface de l'amiante combiné à la vapeur de oxychlorure de phosphore (le réactif) donne le groupe de phosphate formé à la surface et un sous-produit servant à la première réaction.

Troisième réaction

Cependant, des réactions directes avec le chrysotile du type suivant se produisent aussi:



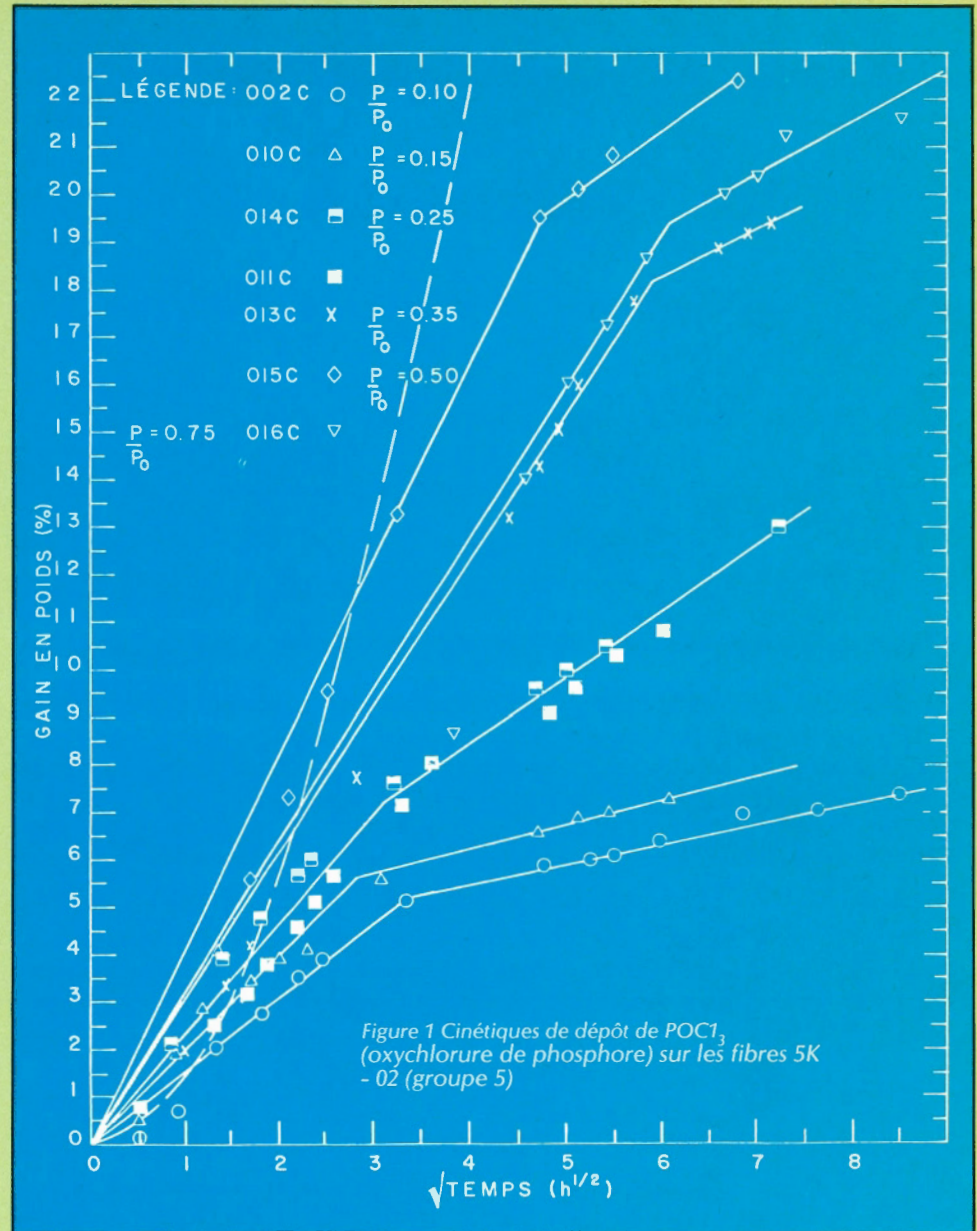
La molécule à la surface de l'amiante combinée avec la vapeur d'oxychlorure de phosphore donne le groupe de phosphate soluble formé à la surface de l'amiante et un sous-produit servant à la première réaction

Après les études de cinétique en statique, un réacteur de 30 cm de diamètre et de 120 cm de longueur, en plexiglass, fut construit en vue de produire suffisamment de spécimens pour pouvoir procéder à divers essais.

Les chercheurs de l'IRDA effectuèrent également des essais d'hémolyse et de cytotoxicité sur des cultures de macrophages pulmonaires. Des essais semblables effectués par un spécialiste de la recherche sur la toxicité de l'amiante et des aérosols, M. Réginald Davies de l'hôpital de Llandough au pays de Galles pour le Medical Research Council du Royaume-Uni, ont confirmé les constatations de l'IRDA. De plus, M. Martin Samoyloff du Manitoba Research Council à Winnipeg a poursuivi des tests pour déterminer la mutagénèse au moyen des mématodes *Panagrellus redivivus* (ce procédé a l'extrême avantage de s'appliquer aux solides et équivaut au test Ames pour les gaz et les liquides) et il a pu démontrer que les spécimens de chryso-phosphate ne sont pas mutagéniques.

Des échantillons ont aussi été soumis pour essais, sur cultures de cellules épithéliales à ERA CNRS de France. D'autres font l'objet d'études à l'Université McGill pour caractériser ces nouvelles fibres. La société Johns-Manville effectue aussi des évaluations des échantillons pour confirmer que les fibres ont conservé leurs propriétés technologiques.

Les résultats attendus avec le plus d'impatience sont ceux que le docteur Carlo Maltoni, qui travaille pour le compte de la CEE à l'Institut d'oncologie de Bologne, obtiendra sur des animaux. C'est à



ce chercheur que l'on doit la découverte de l'angiosarcome causé par le monomère de vinyle. Nous espérons que ses essais seront concluants.

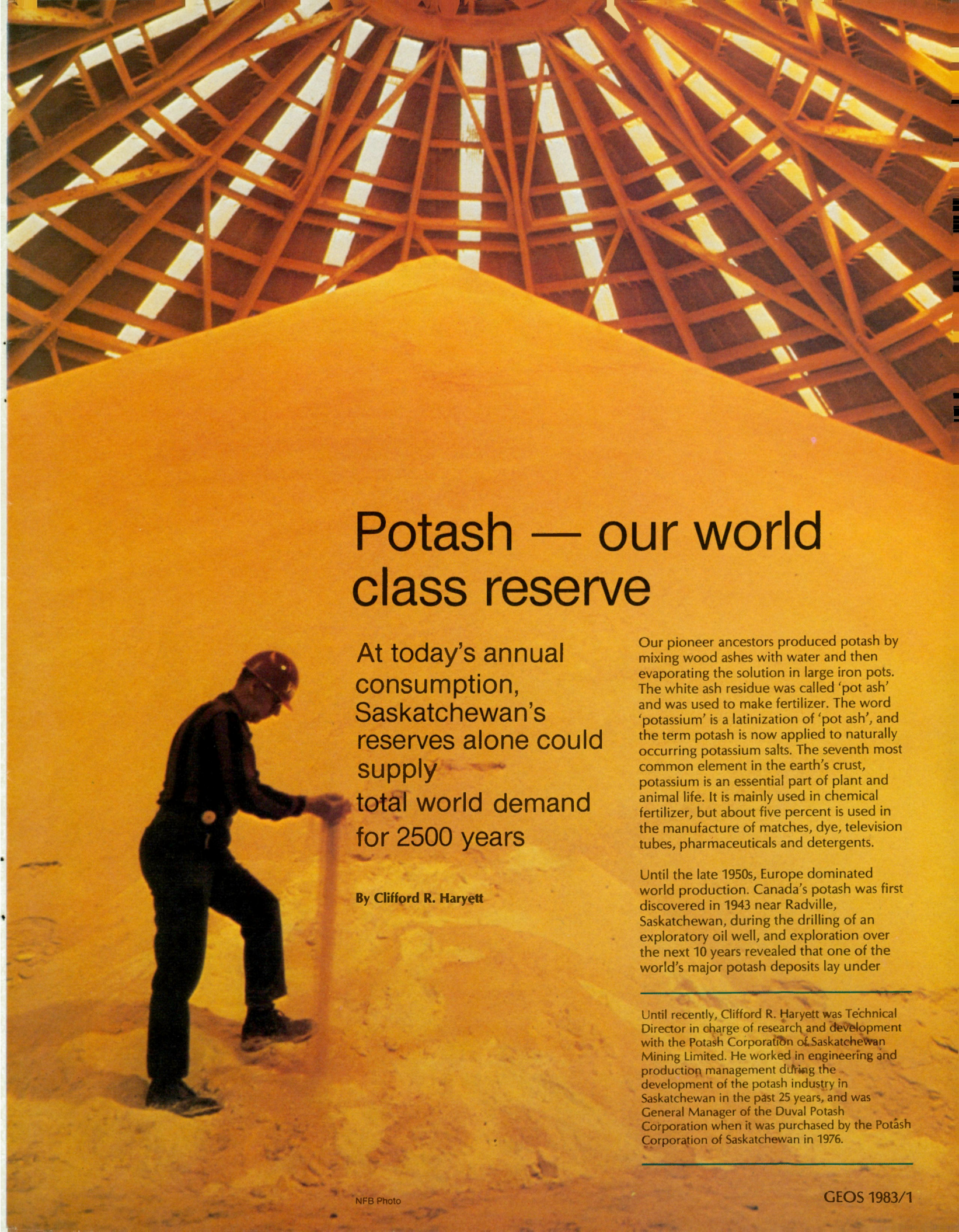
Réaction à température élevée

Afin d'obtenir des vitesses de réaction plus élevées, des études de réaction à des températures atteignant 150°C sont en cours. Un réacteur en acier inoxydable a été construit à cette fin. Les résultats obtenus dernièrement nous confirment que la réaction est beaucoup plus rapide à une température élevée. Il est donc probable que le procédé industriel éventuel se déroulera à une température élevée.

La construction d'un réacteur pilote d'un diamètre de 1,5 m et d'une longueur de 13 m est en cours afin de produire des quantités suffisantes pour des essais industriels dès que les résultats des essais sur des animaux seront connus.

Asbestos is a mineral fibre with many unique advantages. However, early in the 20th century the danger it poses to the health of miners and processors was recognized, and later evidence that it could cause a rare form of cancer was revealed. There are therefore good reasons to alter asbestos to make it safer to use. Since 1979, the University of Sherbrooke and Société Nationale de l'Amiante have been engaged in a research program to do this. Animal trials are underway to test the success of this non-toxic product, and if successful, a pilot plant will be erected to produce the fibre for industrial trials.

This article is also available in English.



Potash — our world class reserve

At today's annual consumption, Saskatchewan's reserves alone could supply total world demand for 2500 years

By Clifford R. Haryett

Our pioneer ancestors produced potash by mixing wood ashes with water and then evaporating the solution in large iron pots. The white ash residue was called 'pot ash' and was used to make fertilizer. The word 'potassium' is a latinization of 'pot ash', and the term potash is now applied to naturally occurring potassium salts. The seventh most common element in the earth's crust, potassium is an essential part of plant and animal life. It is mainly used in chemical fertilizer, but about five percent is used in the manufacture of matches, dye, television tubes, pharmaceuticals and detergents.

Until the late 1950s, Europe dominated world production. Canada's potash was first discovered in 1943 near Radville, Saskatchewan, during the drilling of an exploratory oil well, and exploration over the next 10 years revealed that one of the world's major potash deposits lay under

Until recently, Clifford R. Haryett was Technical Director in charge of research and development with the Potash Corporation of Saskatchewan Mining Limited. He worked in engineering and production management during the development of the potash industry in Saskatchewan in the past 25 years, and was General Manager of the Duval Potash Corporation when it was purchased by the Potash Corporation of Saskatchewan in 1976.



Figure 1 Potash ore darkens with iron oxides and water-insoluble clays

Le minerai contenant de la potasse prend une couleur foncée en présence d'oxydes de fer et d'argiles insolubles dans l'eau

southern Saskatchewan. It took a while for the industry to establish, as the first mines were closed because of flooding, but in the past 20 years it has grown to become the third largest source of revenue in Saskatchewan, following wheat and oil. It is the world's second largest producer, after the USSR.

The ore body represents 40 percent of the world's known resources and is both the largest and one of the richest deposits in the world. The naturally occurring ores are mainly sylvinites — a mixture of potassium chloride, 40 to 45 percent, and sodium chloride, 50 to 55 percent, with up to seven percent clays. Small percentages of carnallite are also present in some ore zones. In this article potash means potassium chloride which is at least 95 percent pure.

The cubical crystals of potassium chloride found in potash ore are opaque but often have a pink to red tinge and occur between layers of milky white rock salt. The ore is darkened to varying degrees by iron oxides and water-insoluble clays (Fig. 1). The ore in eastern Saskatchewan has less than one percent insolubles and is lighter colored than the central ore, which has up to seven percent insolubles.

Geology

Saskatchewan potash was deposited 345 million years ago, in the Middle Devonian Age, in a sedimentary deposit known as an

evaporite, formed by the evaporation of sea water under extremely arid conditions. The potash beds are near the top of a thick sequence of rock salt — halite — and anhydrous gypsum — anhydrite — in the Prairie Evaporite. This formation varies in thickness up to 213 m and lies beneath much of the great plains of Saskatchewan (Fig. 2). It dates from a time when an extremely saline inland sea stretched from the Peace River country of northern Alberta southeasterly through Saskatchewan into North Dakota and southwestern Manitoba. The open sea was to the northwest, across a barrier reef which partially restricted the inflow of marine water.

As the water evaporated, first anhydrite and then halite beds, the least soluble salts, accumulated. Finally, at the southeastern end of the basin, potassium and magnesium, the most soluble salts, were precipitated. At the same time, less salty water came in and freshened the brines, creating alternate layers of salt and potash-rich ores.

As the sea shrank, insoluble material deposited as thin seams or disseminated among the evaporite salts.

In Saskatchewan there were three evaporite cycles during the Middle Devonian, which each laid down layers of red shales, carbonates and salts in sequence (Fig. 3). The first cycle is represented by the Ashern, Winnipegosis and Prairie Evaporite formations — distinct groups of rocks that can be recognized and mapped as a unit — the second cycle by the Dawson Bay Formation and the third cycle by the Souris River Formation. Less intense and less persistent evaporitic conditions prevailed during the last two cycles than during the deposit of the Prairie Evaporite, resulting in smaller potassium deposits for these formations, only 18 m in thickness in the Dawson Bay Formation and up to about 61 m in Souris River Formation.

The Prairie Evaporite lies over the Winnipegosis carbonates and is itself overlain by the second redbeds of the Dawson Bay Formation. The lower half of the Prairie Evaporite consists mainly of massive halite and anhydrite beds with some dolomite near the base. In the upper 61 m, the potash beds are interbedded with halite.

We have distinguished three major potash zones in the Prairie Evaporite (Fig. 4), each containing one or more potash-rich beds with intervening beds of low-grade potash or barren salt. The beds tilt to the southwest and south at a rate of 2 to 7.5 m per kilometre. The conventional mining depths range from 957 m in the east to 1005 m in the central area.

Ore zones are inconsistent in grade and structure. Numerous anomalies are caused

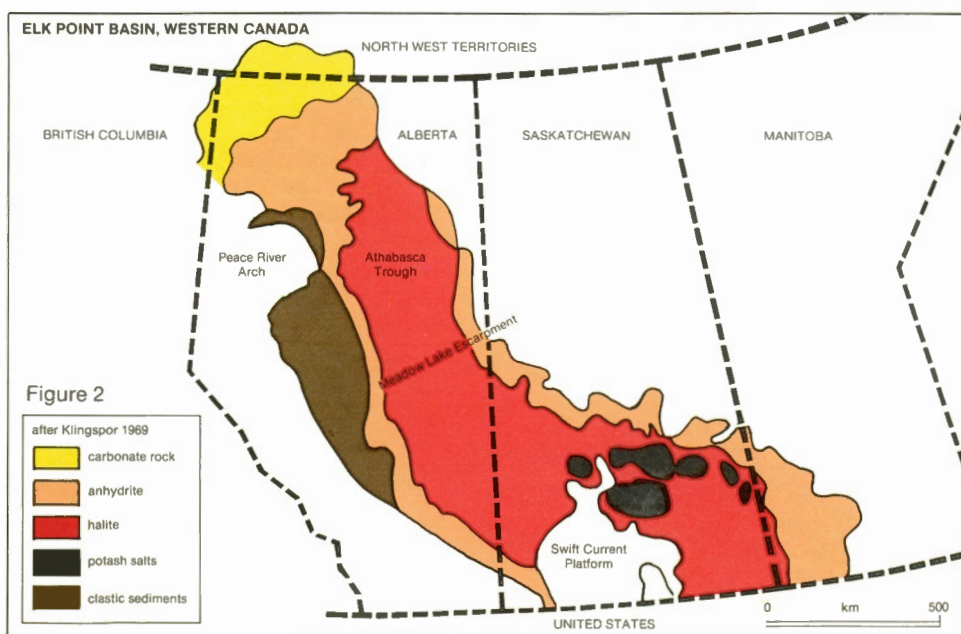
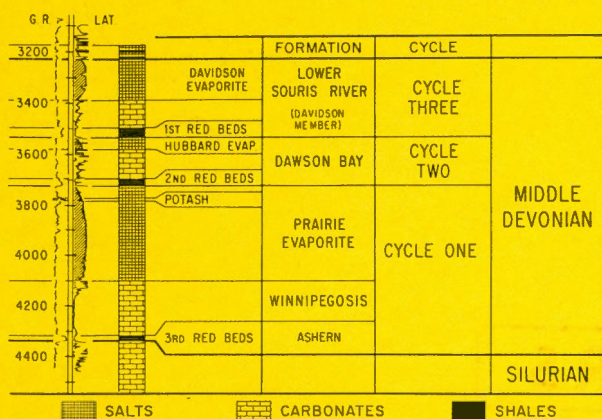


Figure 2

after Kilingspor 1969

- carbonate rock
- anhydrite
- halite
- potash salts
- clastic sediments

COLUMNAR SECTION SHOWING MIDDLE DEVONIAN EVAPORITE CYCLES



After D.M. Lone (1959)

Figure 3

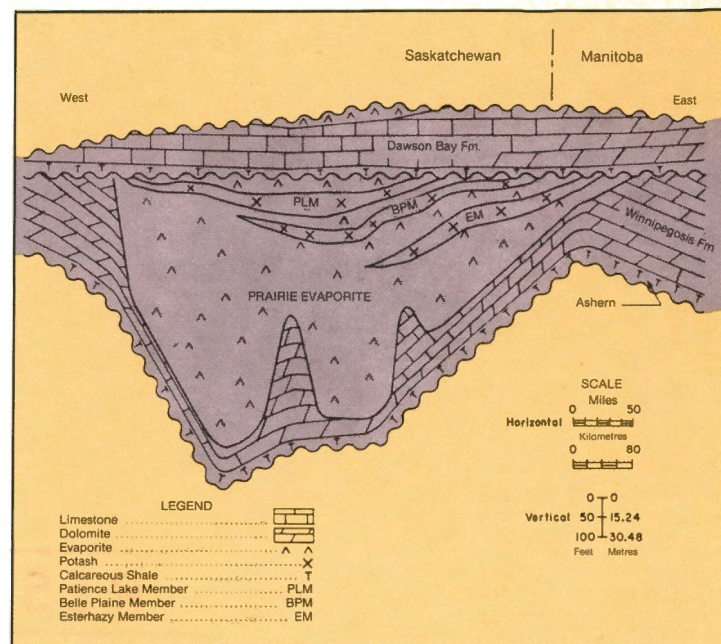


Figure 4 Cross-section of the Prairie Evaporite in Saskatchewan and Manitoba
Coupe représentant les évaporites de Prairie que l'on trouve en Saskatchewan et au Manitoba

by solution and collapse of varying amounts of potash, carnallite and insoluble materials. Naturally, this inconsistency complicates mining.

Technology of Extraction and Processing

Potash is mined with a 'room and pillar' method where 35 to 40 percent of the ore is extracted; the rest is left as pillars to hold up the roof. Water zones above the ore beds are a mining hazard since an inflow of water over the soluble ore can destroy the mine. A Cominco Ltd. mine in Vade, Saskatchewan, was shut down for over two years from 1970 to 1972 when its mine was flooded. Borers, specially adapted from coal mining machines and weighing up to 227 tonnes, mine ore at rates between 5.4 and 14.5 tonnes per minute. The ore is soft like common salt, and a borer, continuous conveyor, and three-man crew can bring it out very efficiently.

In the mill the ore is crushed and the potash, salt and insoluble clays are separated by a combination of wet and dry crushing. Insoluble clays are removed and the salt is pumped into an enclosed waste disposal area. The potash is dried and compacted to prepare it for fertilizer use.

Potash is the world's third most important fertilizer ingredient, in terms of tonnage used for plant food. Although used to a small extent on its own, it is usually applied in compound fertilizers made up of nitrogen, phosphorous and potassium. The familiar grade notations on a bag of fertilizer, such as 15-10-10, indicate their proportional content of nitrogen, phosphate and potash in that order.

Economics

The fate of the potash industry is intimately linked with swings in agricultural markets. During 1981, low food prices and high interest rates dealt a one-two blow to farmers; potash sales dropped 774 000 tonnes. At the same time, just as planned expansions were completed and brought on stream, the markets turned down, creating a rapid increase in inventories. Prices fell in 1981 as producers tried to clear out stocks by the end of the year. Sales stayed down in 1982, creating layoffs and shutdowns in the industry. Capacity utilization of mines fell from 92 percent in 1980 to 89 percent in 1981 and only 61 percent in 1982.

Since the potash industry has long been faced with the problem of overproduction and slumping prices, the Saskatchewan government in 1969 introduced prorationing to regulate supply. Total annual market demand for Saskatchewan potash was distributed to the industry through government licensing based on producers' capacity and marketing ability. One of the far-reaching effects of this move was that Saskatchewan's minimum price became the basis for potash pricing throughout the world for the next few years. Since 1975, a provincial Crown agency, the Potash Corporation of Saskatchewan, has been buying mines — aiming at 50 percent of the province's productive capacity.

Forecasters expect 1983 to be a poor year due to record high inventories, slow recovery in sales and the competition of extra capacity at Saskatchewan's Lanigan mine and a new mine at Sussex, New Brunswick.

At present, Canada produces 25 percent of the world's annual potash demand, or about 26 million tonnes of K_2O the common denominator to express potassium compounds. Potassium chloride is 60 percent of K_2O .

Saskatchewan's 56 billion tonne deposit alone could supply total world demand for at least 2500 years. The fertilizer market is known for its fluctuations but the long range forecast is for a steady increase in the demand for Canadian potash.

Au Dévonien moyen, il y a 345 millions d'années, une mer intérieure à salinité extrêmement élevée, couvrait les provinces des Prairies, s'étendant du nord de l'Alberta jusqu'au sud-ouest du Manitoba en passant par la Saskatchewan. La mer a disparu au cours de trois cycles d'évaporation durant lesquels des couches de minerais à teneur élevée en sels et en potasse se sont déposées en alternance. Évalués à 56 milliards de tonnes, les gisements métallifères ont été découverts en 1943. En 20 ans, l'industrie de la potasse en Saskatchewan a réussi à atteindre le troisième rang parmi les industries de la province et elle est maintenant le deuxième producteur mondial, après l'U.R.S.S.

On peut aussi se procurer l'article en français.

RESORS	
DATE RECEIVED	MAR 01 1983
DATE CHECKED	MAR 01 1983
DATE INDEXED	21/3/83

The objective of the Department of Energy, Mines and Resources (EMR) is to enhance the discovery, development and use of the country's mineral and energy resources and broaden our knowledge of Canada's landmass for the benefit of all Canadians. To attain this objective the department devises and fosters national policies based on research and data collection in the earth, mineral and metal sciences, and on social and economic analyses.

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) a comme objectif la mise en valeur de la découverte, du développement et de l'utilisation des ressources minières et énergétiques canadiennes, ainsi que l'accroissement de nos connaissances des richesses naturelles du Canada, au bénéfice de tous les Canadiens. Pour atteindre cet objectif, le Ministère met sur pied et appuie des politiques nationales de recherches et de compilation des données relatives aux sciences de la Terre, des mines et des métaux, ainsi que des résultats d'analyses sociales et économiques.
