

1050888 - 1050890

# GEOS

Vol. 14 No. 4 Fall / Vol. 14, n° 4 Automne 1985

RESORS

This document was produced  
by scanning the original publication.

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

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





# GEOS

A quarterly about the earth's resources

Publication trimestrielle sur les ressources de la Terre

Vol. 14 No. 4 Fall/Automne 1985

GEOS is published quarterly by Energy, Mines and Resources Canada Minister, The Hon. Pat Carney Minister of State for Mines, The Hon. Robert Layton Deputy Minister, de Montigny Marchand

GEOS est une publication trimestrielle d'Énergie, Mines et Ressources Canada L'hon. Pat Carney, ministre L'hon. Robert Layton, ministre d'État aux Mines de Montigny Marchand, 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-in-Chief**  
**Rédactrice en chef**  
Primrose Ketchum

**Associate Editor**  
**Rédactrice associée**  
Annie Beaudoin

**Scientific Editor**  
**Rédacteur scientifique**  
Attilio Barcados

**Graphics**  
**Présentation graphique**  
Carisse Graphic Design Ltd.

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

Indexed in the Canadian Periodical Index

GEOS est distribué gratuitement sur demande. Si vous désirez recevoir le texte d'un article dans l'autre langue officielle, veuillez écrire au: Centre de diffusion, GEOS, Énergie, Mines et Ressources, 580, rue Booth, OTTAWA (Ontario) K1A 0E4.

Cité dans l'Index des périodiques canadiens

ISSN 0374-3268



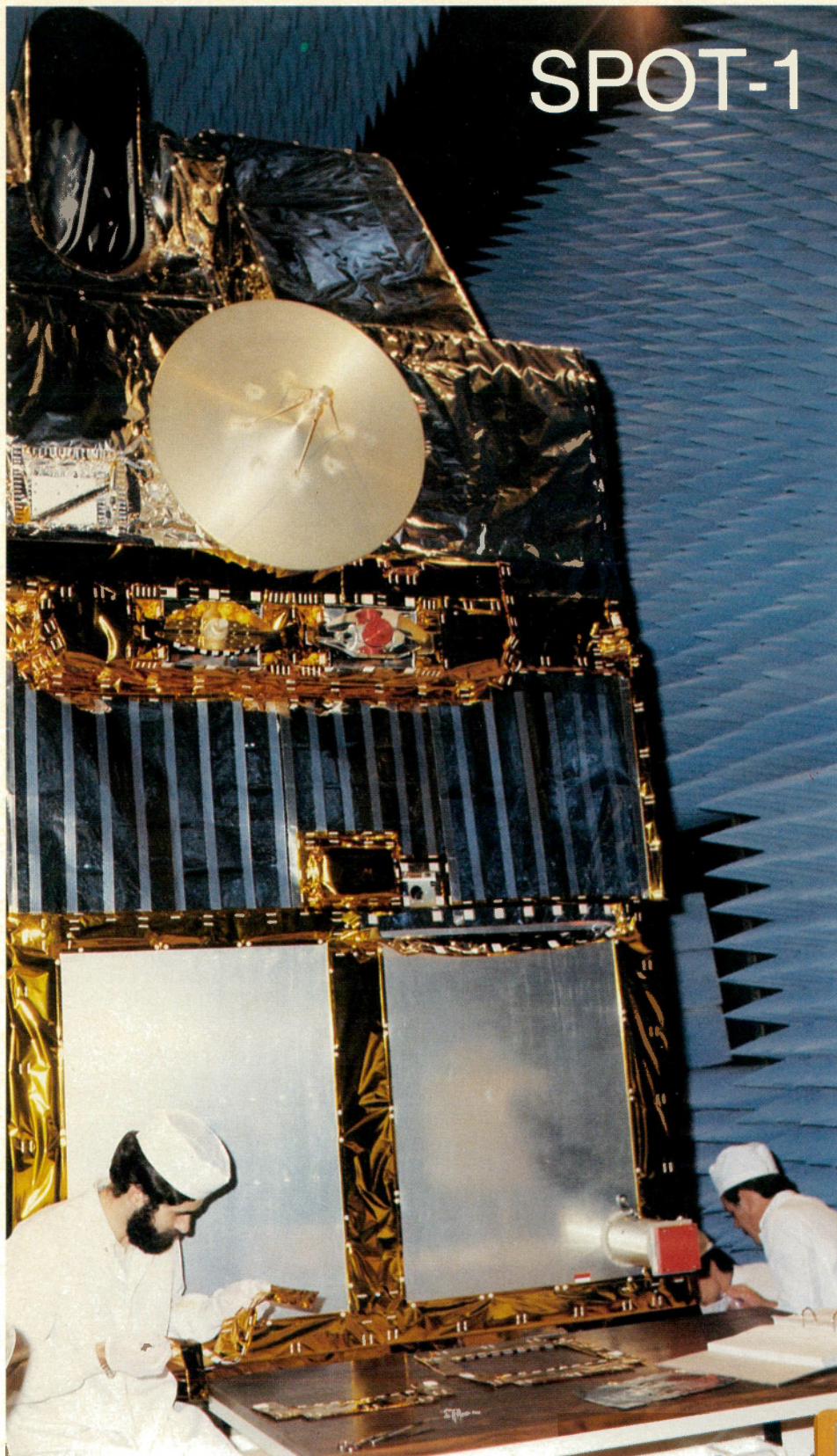
Energy, Mines and Resources Canada  
Énergie, Mines et Ressources Canada

## Contents/sommaire

- 1 SPOT-1 **1050888**  
par Réjean Simard et Monique Bernier
- 6 The Cretaceous-Tertiary Boundary — Signpost to Coal Deposits  
by A.R. Sweet and T. Jerzykiewicz
- 10 La tourbe: un agent dépolluant  
par Bernard Coupal
- 14 Tsunami: The Dreaded Harbour Wave  
by Jocelyn Marshall
- 17 Le repérage du système tourbillonnaire du Saint-Laurent **1050889**  
par André Lavoie, Mohammed El-Sabh, Ferdinand Bonn et Jean-Marie Dubois
- 20 Changing the Shape of Canada  
by L.J. O'Brien
- 22 Under the Big Eye **1050890**  
by Elizabeth Fleming

Cover: A famous painting by Hokusai Katushika depicts a tsunami, a phenomenon only too well known along the coasts of Japan.

Couverture: Comme l'illustre ce fameux tableau de Hokusai Katushika, les tsunamis sont fréquents sur les côtes japonaises



## Bientôt la télédétection tridimensionnelle à haute résolution

par Réjean Simard et Monique Bernier

L'arrivée d'une nouvelle génération de satellites d'observation de la Terre marquera, à l'automne 1985, la télédétection spatiale; le lancement du satellite français SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre) est en effet prévu pour le mois de décembre. Fruit d'un développement de près d'une décennie, ce système a été mis au point par le Centre National d'Études Spatiales (CNES) de France en collaboration avec des partenaires belges et suédois. Les données du satellite SPOT-1 seront mises à la disposition des utilisateurs dès le début de l'année 1986. Le programme SPOT comprendra le lancement de quatre satellites d'ici la fin des années 90.

Comparativement aux systèmes actuels de télédétection de la série LANDSAT, le système SPOT se distinguera par des fonctions nouvelles, résultat d'une technologie de pointe. Ainsi, l'emploi de détecteurs rigides « à barrette » permettra la collecte des données avec une très grande résolution spatiale, soit de l'ordre de 10 m en mode d'acquisition panchromatique. La formation de l'image sera rendue possible par l'acquisition simultanée de mesures provenant de 6 000 détecteurs compris dans l'instrument Haute Résolution Visible (HRV) (figure 1), orienté perpendiculairement à l'orbite de SPOT. La trajectoire du satellite génère ainsi une image le long d'une bande au sol dont la largeur correspond au champ de vue latéral de l'instrument HRV. En mode couleur multispectral, deux bandes visibles et une proche infrarouge, le plus petit élément d'image, soit le pixel, n'aura que 20 m de dimension (figures 2, 3 et 4).

L'orbite quasi polaire de SPOT, comparable à celle des satellites américains LANDSAT, permettra une couverture systématique à la verticale de la Terre sur deux bandes parallèles de 60 km de

*Figure 1 Photographie du modèle électronique SPOT P1 avec un instrument Haute Résolution Visible (HRV modèle de qualification de vol) en haut à gauche. On peut voir l'antenne de télémesure charge utile (TMCU) déployée à l'avant. Le satellite est placé en chambre anéchoïde au laboratoire d'essais d'environnement à INTESPACE, Toulouse. Ces essais ont permis de vérifier l'ensemble des séquences nominales de mise en œuvre et de détecter éventuellement des anomalies de fonctionnement.*

*(Source: Société INTESPACE, France)  
The SPOT electronic model with a high resolution visible instrument (HRV flight qualification model) at top left. The payload telemetry (PL-TLM) antenna can be seen in front. The satellite is in the anechoic chamber of the INTESPACE laboratory for environmental testing in Toulouse. This type of testing has made it possible to verify the entire nominal execution of operating sequences and to detect possible malfunctions.*

*(Source: Société INTESPACE, France)*

M. Réjean Simard est chercheur à la Division des méthodes numériques du Centre canadien de télédétection (CCT) EMR, depuis 1981. Ses travaux portent sur les méthodes de traitement des images satellites. Physicien diplômé de l'Université de Montréal (M.Sc.), M. Simard s'est ensuite spécialisé dans le domaine des sciences de la Terre; il a obtenu un doctorat en géophysique de l'Université de Lausanne, Suisse.

M<sup>me</sup> Monique Bernier a obtenu une maîtrise ès sciences au Département de géographie de l'Université de Sherbrooke, en 1981. Depuis quatre ans, elle est rattachée à la Division des applications, CCT, comme scientifique de l'environnement. Elle est spécialisée dans les applications de la télédétection à l'agriculture.

large. La couverture systématique et complète du globe se fera sur un cycle de 26 jours. De plus, le satellite SPOT pourra obtenir des images en visée latérale, situées jusqu'à une distance de 475 km de part et d'autre de la projection de sa trajectoire au sol. Cette visée latérale, soit le dépointage du champ d'observation perpendiculairement à la trace au sol du satellite, réalisée par la rotation d'un miroir de changement de visée à l'entrée du système optique, constitue une innovation majeure en télédétection spatiale. En effet, grâce à ce dispositif on peut procéder à l'étude d'une même région au sol à partir de différents points d'observation. Cette nouvelle option augmentera considérablement les probabilités d'acquies des images sans nuages d'un site donné; il sera désormais possible d'accéder à un même site à partir de plusieurs orbites adjacentes. La répétitivité de l'acquisition des données accroît ainsi les chances d'obtenir une image par temps clair.

La réception des données pour la couverture du territoire nord-américain (Canada et États-Unis) s'effectuera à partir de deux stations de réception situées au Canada. La station principale est présentement en construction au nord de la ville de Gatineau au Québec; elle desservira l'Est et le Centre du continent. La deuxième station, située à Prince-Albert, en Saskatchewan, couvrira la partie ouest de l'Amérique du Nord. Elle est en opération depuis 1972 et reçoit les données acquises par les satellites LANDSAT et NOAA. Outre l'acquisition des données, le Centre canadien de télédétection d'Énergie, Mines et Ressources Canada aura la responsabilité de l'archivage, du traitement et de la distribution des produits SPOT. Quant aux données acquises au-dessus des États-Unis, la société américaine SPOT Image Corporation, dont le siège social est situé à Washington, sera chargée de leur distribution.

#### Les applications nouvelles de SPOT

Les données de télédétection spatiale représentent jusqu'à ce jour une source



Figure 2 Simulation d'images SPOT sur le site de Gun Lake (C.-B.); mode panchromatique, pixel de 10 m à gauche; mode multispectral, pixel de 20 m à droite



Simulated SPOT image of the Gun Lake site, British Columbia. Left, panchromatic mode, 10m pixel; right, multispectral mode, 20m pixel

d'information nouvelle et utile à un grand nombre d'applications. Grâce aux capteurs dans la région visible et infrarouge du spectre électromagnétique, les satellites américains LANDSAT ont fourni depuis 1972 des informations qui ont été utilisées au Canada principalement dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie et de l'exploration géologique, ainsi que dans le domaine de la cartographie en général. La grande résolution spatiale du satellite SPOT et sa capacité de couvrir un nombre accru de sites d'observation laissent entrevoir un accroissement du champ d'application des données de télédétection spatiale au Canada. En ce sens, les images SPOT auront des similitudes avec les photographies aériennes prises à haute altitude.

Ainsi, la grande résolution des images SPOT facilitera l'identification des petits éléments au sol. En effet, la qualité des images SPOT assurera une meilleure interprétation des images satellites dans de nombreux domaines d'application de la télédétection spatiale. Que l'on pense seulement à la révision des cartes topographiques des régions du Nord qui pourra s'effectuer désormais à l'échelle de 1/50 000 au lieu de 1/250 000 à partir des images LANDSAT; à l'interprétation

et aux inventaires agricoles sur les petits parcellaires de l'Est du Canada; ou encore à la cartographie de l'occupation des sols en milieu rural et urbain.

À titre d'exemple, la figure 3 représente la région de Richmond, située à environ 15 km au sud-ouest d'Ottawa, en Ontario. Cette simulation des images SPOT a été obtenue en rééchantillonnant à 20 m des données aéroportées, prises le 21 juillet 1982, grâce au capteur multispectral Daedalus dont la résolution originale était de 13 m. Ces simulations ont été élaborées en tenant compte des principales caractéristiques du capteur HRV SPOT, à savoir: la résolution spatiale pour le mode multispectral de 20 m au sol, les réponses spectrales de chaque bande. Cette modélisation de l'imagerie SPOT permet par la suite la correspondance entre les données aéroportées originales et la simulation SPOT correspondante. L'effet fausse-couleur similaire aux images infrarouges est reproduit en donnant respectivement aux canaux HRV 1, 2 et 3, les couleurs bleue, verte et rouge. Les champs de maïs apparaissent en brun-rouge, les céréales en orange et les champs de foin en brun clair. Les surfaces de sol nu et les chemins bitumineux ressortent en bleu. Le traitement numé-

rique de cette image au moyen de la classification automatique a montré que cette période de la saison végétative, du 17 juillet au 6 août, permettait de faire la distinction entre certaines cultures. Par contre, on peut effectuer une meilleure analyse lorsque les données sont recueillies au début de juillet ou à la fin d'août.

À la résolution spatiale accrue du satellite SPOT s'ajoute un deuxième aspect tout aussi important: l'observation multiple à partir de points de vue communs ou différents dans l'espace. Il s'ensuit que l'on pourra accroître la répétitivité des observations par rapport au cycle complet d'acquisition en visée verticale qui est, rappelons-le, de 26 jours. En termes concrets, il sera donc possible, sur demande d'un utilisateur, d'observer le même site à des intervalles de temps aussi courts que 24 heures à partir d'orbites adjacentes. Cette répétitivité accrue de SPOT aura un impact majeur en ce qui concerne l'acquisition des données. En effet, le travail de suivi des phénomènes, évoluant rapidement dans le temps, en sera grandement facilité. Que l'on songe à la croissance des cultures, au cycle saisonnier du couvert végétal ou à tous les autres phénomènes épisodiques ou transitoires comme les feux de forêts, les inondations ou la fonte des neiges... Vue sous les aspects radiométrique et géométrique, l'observation multiple permettra d'approfondir nos connaissances fondamentales sur les propriétés reliées à l'anisotropie de la réflectance des objets au sol ainsi que sur les interactions du rayonnement avec la couche atmosphérique. Elle facilitera, d'autre part, l'interprétation automatisée des images par l'ajout d'informations nouvelles et différentes.

Un autre domaine d'application de l'observation multiple concerne la stéréoscopie obtenue à partir de couples d'images acquises sur des orbites différentes (figure 4). La stéréoscopie de SPOT diffère principalement de celle des clichés aériens classiques du fait que ses angles de visée sont latéraux par rapport à la trajectoire de SPOT plutôt que dans la direction de la ligne de vol. Cependant, cette géométrie particulière n'affecte aucunement la perception du relief du site observé. La perception du relief sera vraisemblablement comparable à celle des clichés aériens à l'échelle de 1/100 000. La finesse de la résolution spatiale SPOT associée aux possibilités de stéréoscopie offriront un attrait particulier pour les applications en cartographie géologique et topographique. Ces améliorations seront en mesure d'accélérer le travail de compilation des données. Elles pourront de ce fait faciliter l'interprétation de la géologie structurale et lithologique, même en présence d'un couvert végétal, ce qui n'est pas toujours le cas avec les images de type LANDSAT.



Figure 3 Simulation d'images SPOT sur la région de Richmond (Ont.); mode multispectral, pixel de 20 m. En brun-rouge: champs de maïs, en orange: céréales, en brun clair: champs de foin, en bleu: surfaces de sol nu et chemins bitumineux

Simulated SPOT image of the Richmond area, Ontario. Multispectral mode, 20m pixel. Red-brown, cornfields; orange, cereals; light brown, hayfields; blue, bare ground and asphalt roads

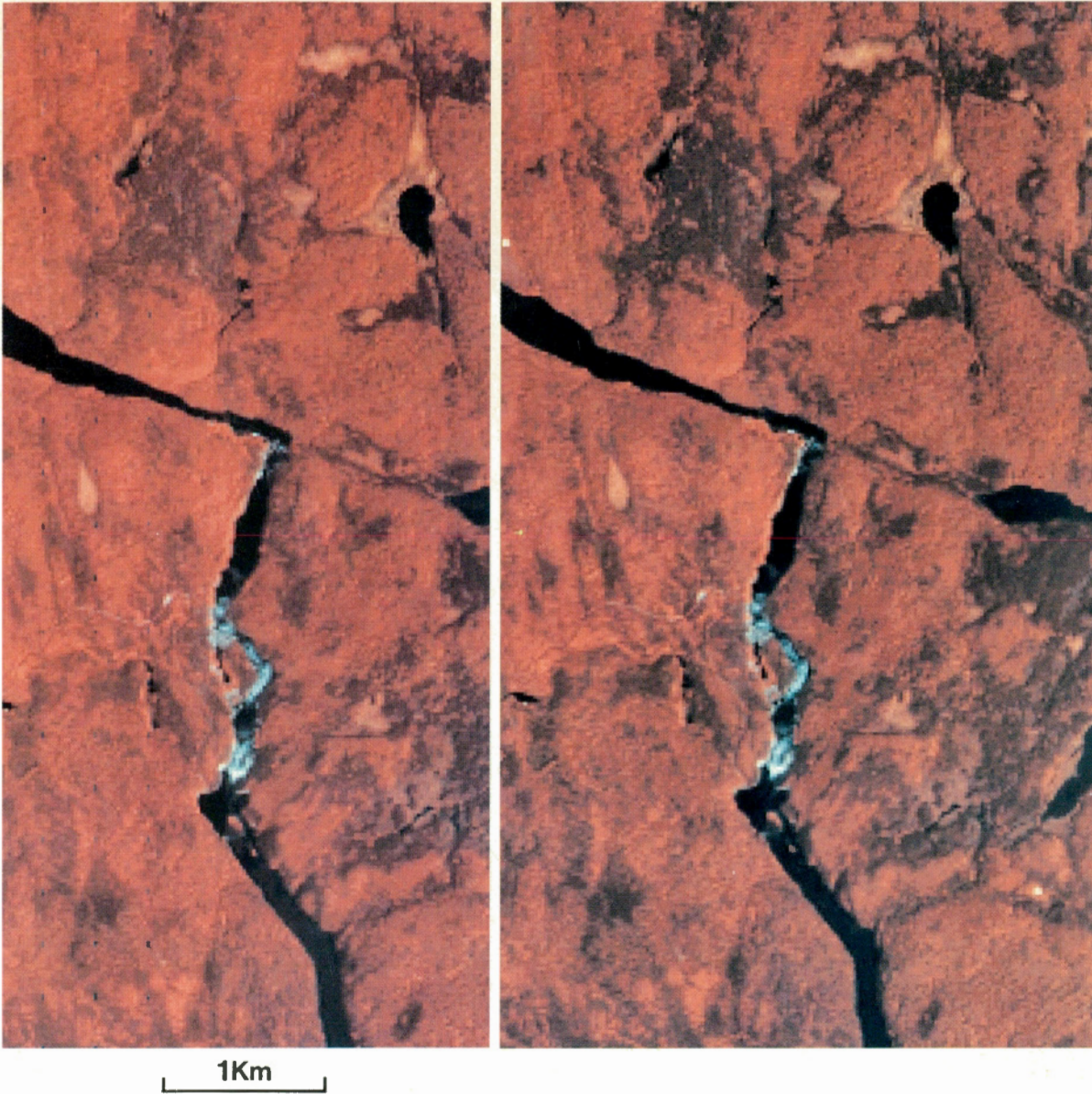


Figure 4 Simulation d'images stéréoscopiques SPOT sur le site de la rivière Chamouchouane au Québec; mode multispectral, pixel de 20 m, rapport base/hauteur de 1,2

Simulated stereoscopic SPOT images of the Chamouchouane River in Quebec. Multispectral mode, 20m pixel, base-height ratio 1:2

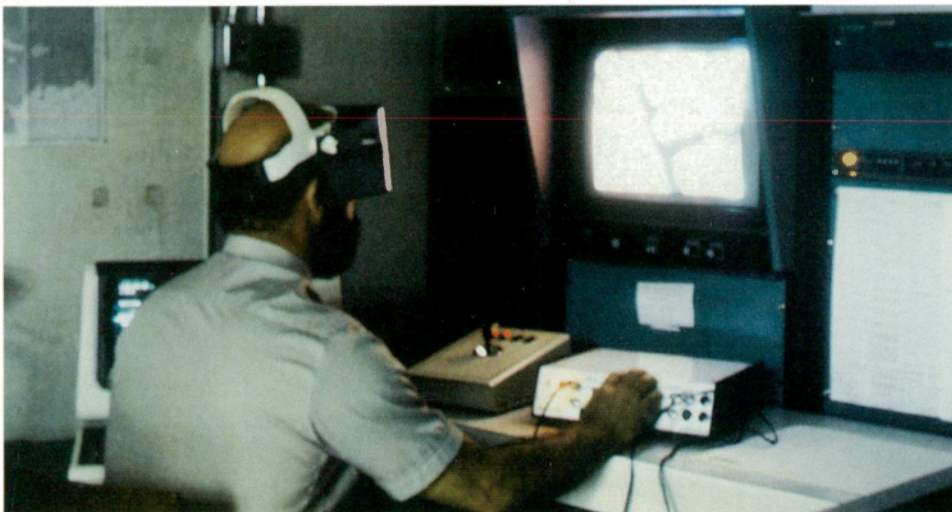


Figure 5 Système interactif, installé au Centre canadien de télédétection, EMR, permettant la visualisation stéréoscopique d'images SPOT en mode panchromatique ou multispectral

Interactive system installed at EMR's Canada Centre for Remote Sensing for the stereoscopic viewing of SPOT images in the panchromatic or multispectral mode



Figure 6 Anaglyphe représentant une région des montagnes Rocheuses ayant subi une accentuation numérique afin d'accroître l'effet de relief. Le modèle numérique de terrain a été obtenu à partir d'images stéréoscopiques du LANDSAT-2 (par recouvrement latéral grâce au pincement des orbites dans les régions nordiques).

On visionne l'image en stéréoscopie à l'aide de filtres couleurs bleu (droite) et rouge (gauche).

Anaglyph of an area of the Rocky mountains after digital enhancement of the relief. The digital terrain model was obtained from stereoscopic LANDSAT-2 images (through lateral overlap resulting from convergence of the orbits in the northern regions). The stereoscopic image is viewed through a blue filter (right) and a red filter (left).

Le traitement sur ordinateur d'images stéréoscopiques numériques permettra l'extraction automatisée de l'information altimétrique sous forme de modèles numériques de terrain (MNT) superposables en tout point aux images SPOT correspondantes (figures 5 et 6). La précision anticipée des données altimétriques ainsi obtenues est estimée à une dizaine de mètres environ en terrain découvert. Il est à prévoir que la génération de MNT à partir d'images SPOT sera très utile pour la correction géométrique, la calibration et l'interprétation des images elles-mêmes. Ces MNT pourront également faciliter la production de documents cartographiques, ou bien être utilisés pour des applications connexes telles que la correction topographique en cartographie gravimétrique ou pour l'étude de l'écoulement des eaux de surface en hydrologie.

Ces quelques exemples d'applications des données SPOT feront bientôt l'objet d'un examen de la part des chercheurs dès que les données seront mises à leur disposition, soit au début de 1986. Afin de couvrir tous les domaines où des bénéfices importants sont à prévoir, le CNES et la Société française SPOT Image, responsable de la commercialisation des produits SPOT, ont mis sur pied le programme d'évaluation préliminaire de SPOT (PEPS). Ce programme se poursuivra jusqu'en 1987, date à laquelle un symposium international donnera l'occasion aux scientifiques de présenter les résultats de leurs travaux. L'avènement de SPOT avec sa technologie nouvelle constituera donc une étape très importante dans le développement de la télédétection spatiale.

The first satellite of the SPOT program is scheduled for launching this fall. This earth observation satellite will provide 10 and 20 m resolution imagery compared to 80 and 30 m for the Landsat series and will also offer side-looking image acquisition capability.

Such improvements are expected to have a considerable impact on the operational use of remote sensing technology and on new applications. The result should be the detection of smaller objects, increased data acquisition coverage and stereoscopic image capability. Lateral viewing will allow fundamental research to be done on anisotropic reflective properties of surface materials as well as applied technique developments.

This article is also available in English.





Arthur Sweet (*right*) and Tomasz Jerzykiewicz, of GSC's Institute of Sedimentary and Petroleum Geology are both studying the stratigraphy of Late Cretaceous and Early Tertiary coal-bearing formations in western Canada.

Sweet's field is the palynology of Cretaceous and Tertiary strata. He began to study western Canada's continental floras when he was a student at the University of Calgary.

Jerzykiewicz's specialty is clastic sedimentology, which he studied and taught at Wroclaw University in Poland before joining the Geological Survey of Canada. His interest in Late Cretaceous continental clastics started while he was with the Polish Mongolian Expedition to the Gobi Desert in 1971.

# The Cretaceous-Tertiary Boundary

## — Signpost to Coal Deposits

by A.R. Sweet and T. Jerzykiewicz

Drastic changes in flora, and mass extinction of dinosaurs and other groups of animals 64 million years ago mark the boundary between the Cretaceous Period and the Tertiary Period — a boundary

distinct, yet enigmatic, in the Earth's geological history.

For almost a century, geologists working in the Prairie Provinces have tried to

establish the exact position of the Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary in western Canada.

In the mid-1970s, as part of the Coal Inventory Study conducted at the Institute of Sedimentary and Petroleum Geology in Calgary, the Geological Survey of Canada (GSC) initiated a study of coal-bearing formations spanning the K-T boundary interval in the Alberta foothills. As work progressed, defining the position of this stratigraphic boundary became important as a way to identify coal beds regionally.

At the time of that study there was growing interest in the K-T boundary as an example of a catastrophic event in Earth's history. Interest had been rekindled by the discovery of a worldwide 'iridium anomaly' at the boundary — the rock there is up to 1000 times richer than normal crustal rock in the rare element iridium.

Iridium concentrations of this magnitude are believed to exist only in the earth's interior well below the crust, and in extraterrestrial objects such as asteroids. Dr. Luis Alvarez, who in the late 1970s proposed an extraterrestrial impact event to explain the iridium anomaly, hypothesized still further that dust from such an

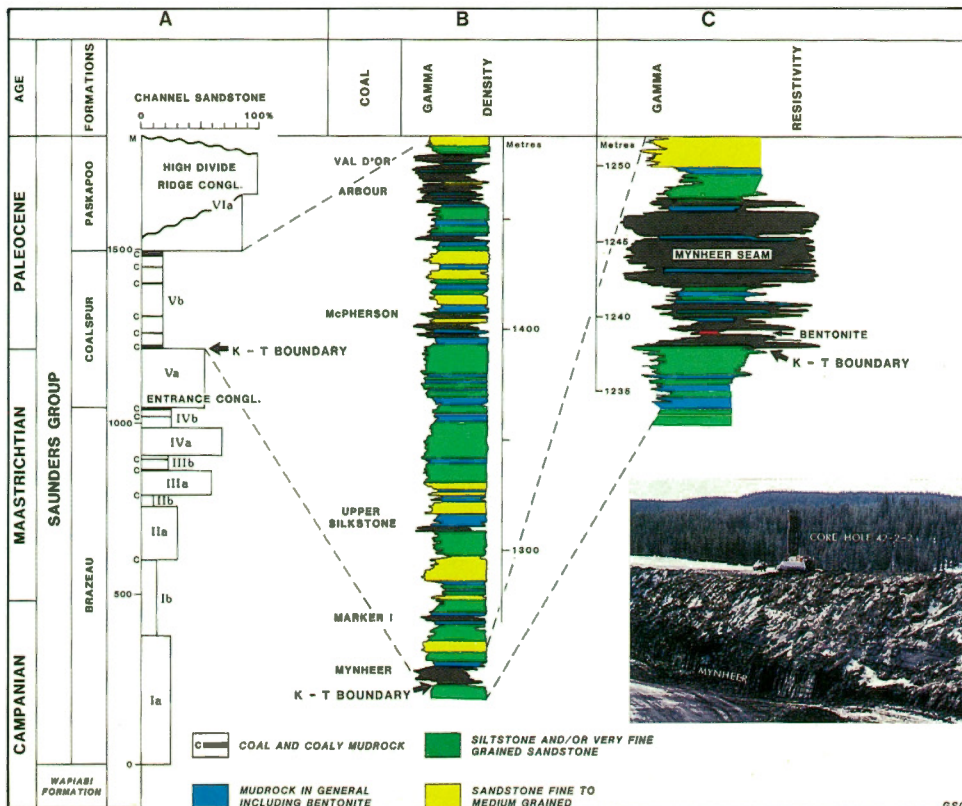
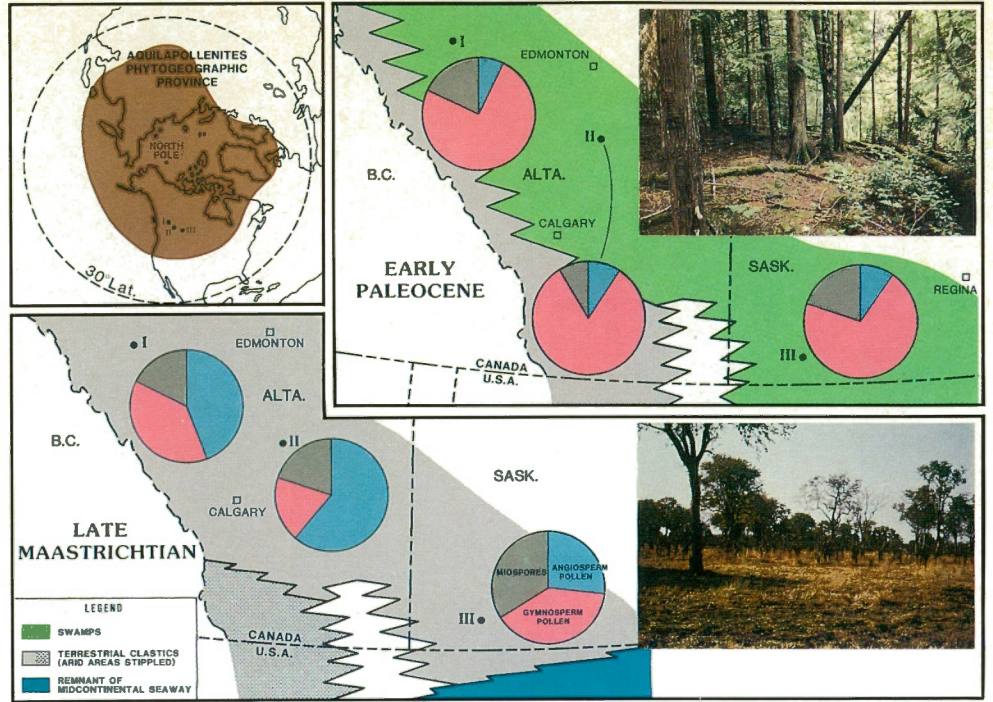


Figure 1. Lithostratigraphic position of the Cretaceous-Tertiary (K-T) boundary in the Alberta foothills: A. Upper Cretaceous-Tertiary succession. B. Coalspur coal-bearing interval. C. Mynheer coal zone. Inset. Drilling the Geological Survey's corehold in the Coal Valley mine.

L'emplacement lithostratigraphique de la limite Crétacé-Tertiaire dans les contreforts des Rocheuses en Alberta: A. Succession du Crétacé supérieur-Tertiaire. B. Intervalle houillier. C. Zone houillère de Mynheer. Encart. Sondage dans le trou de carottage des levés géologiques dans la mine de Coal Valley.

Figure 2 Paleogeographic setting of the three K-T boundary localities in western Canada. Pie diagrams illustrate the proportion of ferns, miospores and of gymnosperm and angiosperm pollen at each of the localities. The floral province (upper left diagram) covered an area equivalent to today's boreal forest regions.

Disposition paléogéographique des trois emplacements de la période de transition Crétacé-Tertiaire dans l'Ouest canadien. Les diagrammes en tarte illustrent la proportion des miospores des fougères et des pollens de gymnospermes et d'angiospermes à chaque emplacement, et l'étendue de la province florale (diagramme en haut à gauche) équivalent à l'espace actuel de la forêt boréale.



impact could block the sun sufficiently long to cause the death of many marine and terrestrial plants and animals, including the dinosaurs.

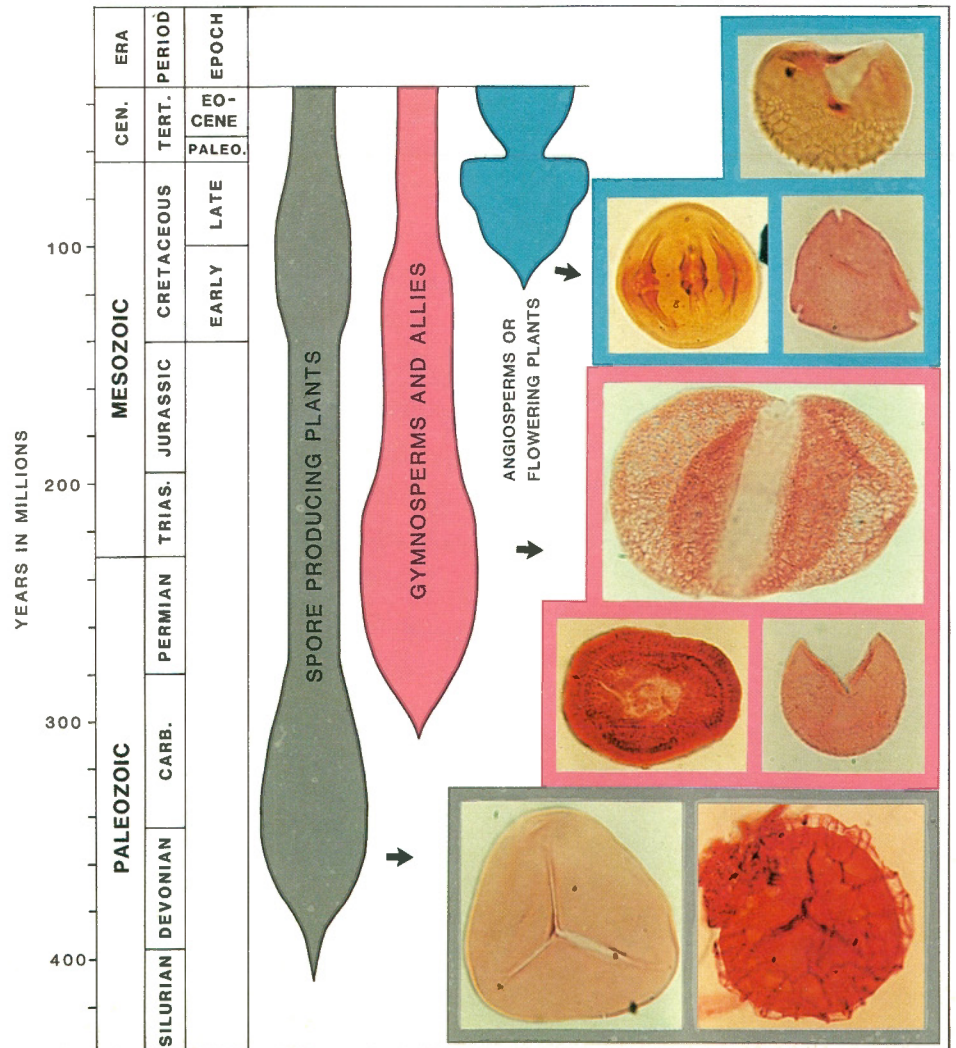
From regional stratigraphic studies of the Coalspur Formation in the Alberta foothills, the authors realized that the K-T boundary must be contained within or immediately below the Mynheer coal zone. It was decided, therefore, to sample this interval at the Coal Valley mine site. Luckily, a drainage ditch, recently dug in one of the Mynheer pits, exposed the bottom of the coal seam and made such sampling possible. A palynological study of spores and pollen in the samples indicated that the K-T boundary had to be at or near the base of the Mynheer coal bed.

Based on these findings, scientists realized that to obtain a complete record of events embracing the boundary, they needed a core that would cut through the Mynheer coal zone interval. GSC commissioned two core holes in the spring of 1984 (Fig. 1, intraset). On the basis of pollen and spores present in core samples, scientists located the K-T boundary between the Mynheer coal seam and the underlying mudstone (Fig. 1C).

To confirm the boundary position, a 5 cm piece of core was sent to J.F. Lerbekmo, at the University of Alberta, who had the capability to identify the iridium anomaly. Dr. Lerbekmo found the iridium anomaly at the predicted boundary position. This verified that the observed change in spore and pollen flora was sufficiently diagnostic to indicate the exact position of the boundary. The exact position could not have been located on the basis of rock lithol-

Figure 3. Relative abundance histograms of major groups of palynomorphs within the K-T boundary interval.

Histogrammes représentant l'abondance relative des principaux groupes de palynomorphes dans la phase intermédiaire entre le passage du Crétacé et du Tertiaire.



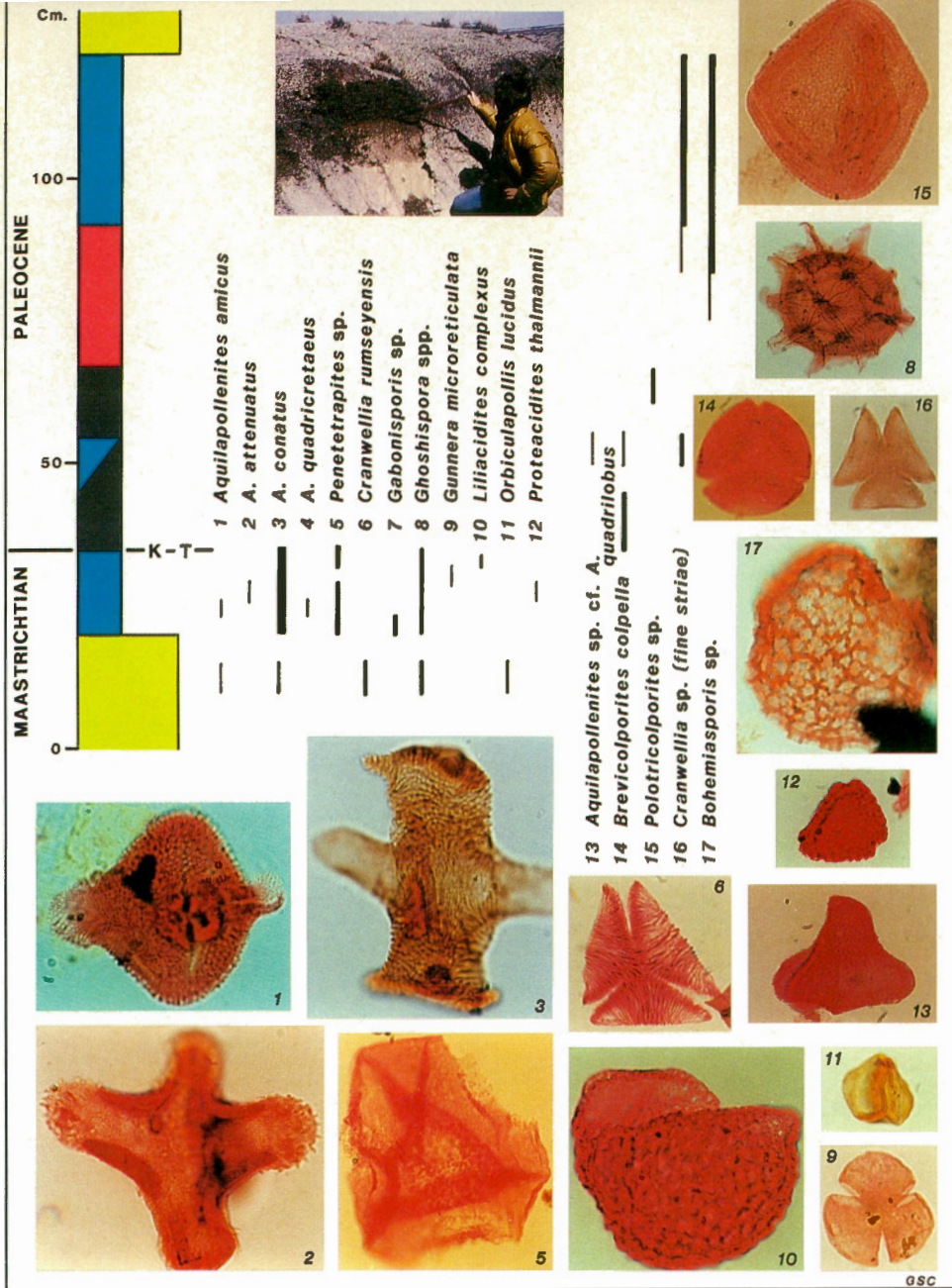


Figure 4. Vertical distribution chart illustrating the change in species composition at the K-T boundary. Specimens in photomicrographs are magnified  $\times 1500$ . Photo inset shows the K-T boundary (indicated with pick) in the Red Deer River section.

Carte de la répartition verticale illustrant le changement dans la composition des espèces à la limite du Crétacé-Tertiaire. Les espèces qui apparaissent dans la microphotographie sont agrandies 1 500 fois. L'encart montre la limite Crétacé-Tertiaire (indiquée par le piolet) dans la section de la rivière Red Deer.

ing plants (angiosperms) and other parkland-style flora (Fig. 2).

Some of the flowering plants produced morphologically complex pollen belonging to an extinct genus called *Aquilapollenites*. This form of pollen is found in Late Cretaceous sediments in circumpolar regions (Fig. 2, upper left inset) like today's boreal forest areas. The plants producing this type of pollen mostly become extinct at the end of the Cretaceous.

Extensive coal deposits in the earliest Tertiary indicate widespread development of swamps, which pollen samples suggest were dominated by conifers (gymnosperms). The exception to this large-scale picture was a period of angiosperm dominance immediately above the K-T boundary, followed by a short interval of fern dominance (Fig. 3).

In defining the K-T boundary, one relies on the extinction of many morphologically exotic pollen species and the emergence of several species with a simpler morphology. This may represent a shift away from plants of many species depending on animal carriers for pollen transfer to plants relying almost exclusively on wind pollination (Fig. 4).

Although one tends to emphasize differences in the flora when defining the boundary, many species range across the boundary and provide a strong sense of continuity (Fig. 5). Evolutionary trends also continue uninterrupted across the boundary.

Considering the K-T boundary's nature in western Canada, with the strong continuity component in sedimentology and flora, the authors cannot personally add support to Dr. Alvarez's hypothesis of an extraterrestrial catastrophic event 64 million years ago.

However, because the K-T boundary can be precisely defined at the base of an economically significant coal zone over large areas in the western interior, we can now use it as an important stratigraphic tool in the correlation of coal seams.

Since palynology has made it possible to precisely establish the Cretaceous-Tertiary

ogy or by examining larger fossils such as dinosaur bones.

The same steps were later taken to locate the boundary's position at the base of the Nevis coal seam in Alberta's Red Deer River valley.

While it is natural to predict that there would be some sedimentological differences between Upper Cretaceous and Tertiary parts of the stratigraphic sequence, unexpectedly the Upper Cretaceous — Tertiary succession of rock in the foothills is sedimentologically continuous. True, the boundary is found at the base of a coal seam. However, there are other coal seams in the sequence (Fig. 1); hence, the boundary position is not lithologically unique.

What is unique is the apparently simultaneous development of peat swamps throughout the western interior. The boundary occurring at the base of a major coal zone in the Alberta foothills and plains region, is known to coincide

more or less with the base of the Ferris coal zone in southwestern Saskatchewan. The Cretaceous—Tertiary boundary occupies a similar lithostratigraphic position further south in the midwestern states. Why should coal swamps have developed over a very large area simultaneously about 64 million years ago? This phenomenon may be related to biological or physical changes imposed by the K-T boundary event.

#### Changes in flora

At the time of the Cretaceous-Tertiary boundary, the mid continental seaway, which had previously flowed throughout the western interior, had withdrawn close to the continental margins. Scientists visualize the general paleogeographic setting in western Canada during the late Maastrichtian stage, the very end of the Cretaceous Period, as terrestrial, lacking extensive coal swamps, dominated by detrital sedimentation (sand, silt and clay deposit), and vegetated mainly by flower-

# DRY ISLAND BUFFALO JUMP

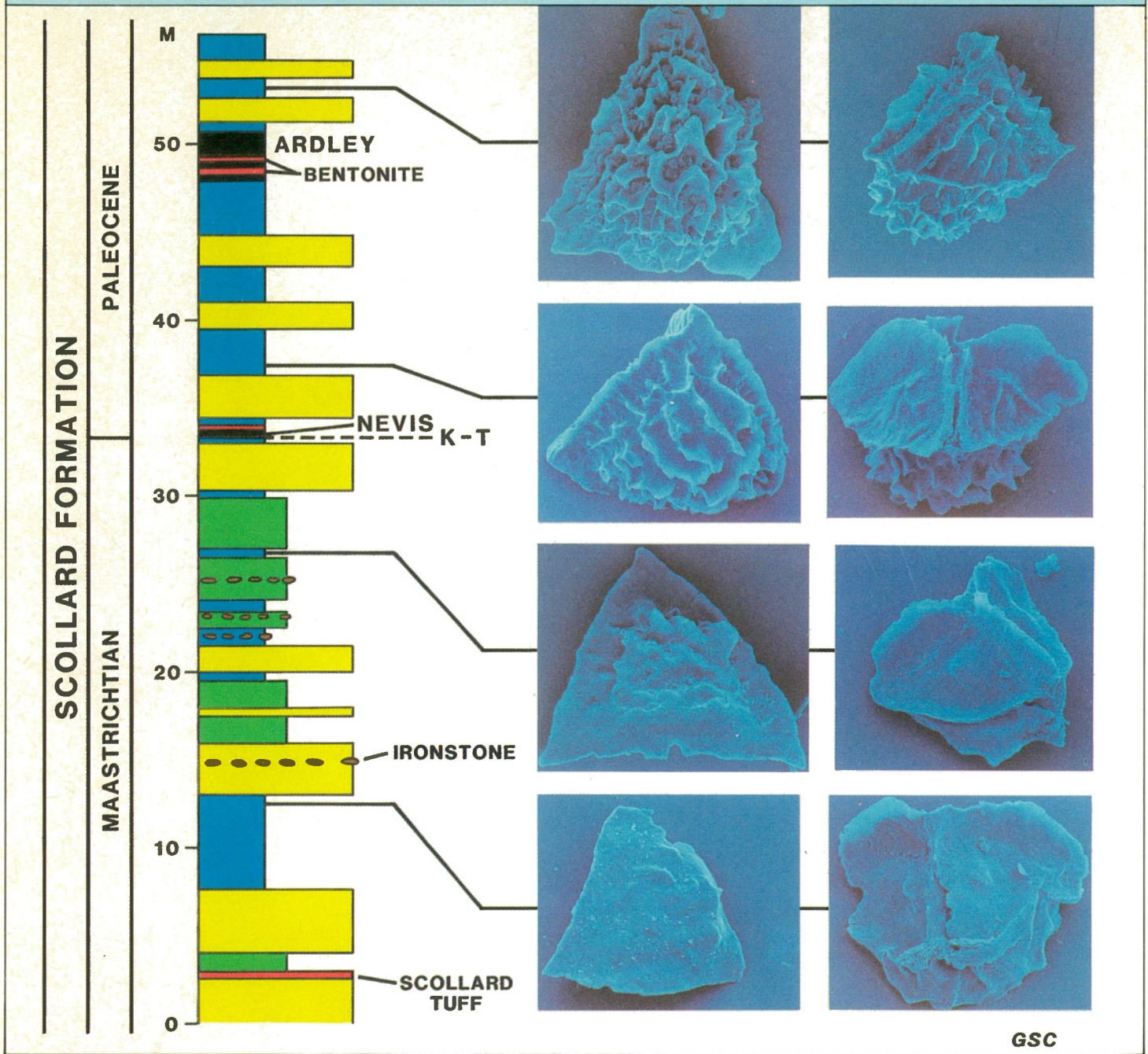


Figure 5 Evolutionary trend in the megaspore genus *Minerisporites* across the K-T boundary. Scanning electron photomicrographs are  $\times 110$ .

Tendance évolutive du genre mégaspore *Minerisporites*, à travers la limite du Crétacé-Tertiaire. Des microphotographies électroniques à balayage sont agrandies 110 fois.

boundary position in Canada's foothills and western plains, we anticipate that the same methods and criteria will prove useful in defining the boundary over a much wider geographic area.

La question de savoir où aurait eu lieu la période séparant le Crétacé et le Tertiaire, période caractérisée par l'extinction des dinosaures, il y a 64 millions d'années, a de nouveau suscité l'intérêt des scientifiques avec la découverte d'une « anomalie d'iridium » constatée au plan mondial. On explique cet excès d'iridium au cours de la période de transition Crétacé-Tertiaire comme un événement d'origine extraterrestre qui aurait provoqué des perturbations climatiques et entraîné des extinctions massives d'espèces animales.

Grâce à la palynologie, soit l'étude des pollens et des spores, les auteurs ont pu déterminer l'emplacement de cette

période charnière dans l'Ouest du Canada à la base d'un important dépôt houiller. Cet emplacement a été confirmé par la suite par M. Lerbekmo, celui-là même qui a trouvé l'anomalie d'iridium dans les échantillons provenant des plaines et des contreforts des montagnes Rocheuses.

La détermination précise de la limite Crétacé-Tertiaire dans les formations houillères de l'Ouest du Canada permet d'effectuer des corrélations régionales et donne une nouvelle occasion d'améliorer notre compréhension des changements paléofloristiques dans le temps et dans l'espace.

Cet article est aussi disponible en français.

GSC

# La tourbe: un agent dépolluant

par Bernard Coupal

M. Bernard Coupal est professeur titulaire au département de génie chimique de l'Université de Sherbrooke. Il est également vice-président du groupe André Marsan et Associés Inc. (Lavalin), spécialisé dans les études d'impact sur l'environnement de nouveaux procédés industriels.

La tourbe n'est pas seulement la mousse que l'on utilise en horticulture. Elle représente, dans certains pays, un combustible important. Dans cet article, elle apparaît comme un agent dépolluant des eaux domestiques et industrielles. Cet autre usage potentiel de la tourbe s'explique par ses propriétés chimiques et sa consistance poreuse qui en font un filtre naturel des eaux polluées. La recherche qui est présentée ici montre que le traitement des eaux par la tourbe ouvre des perspec-

tives très intéressantes tant au plan des coûts encourus par cette méthode qu'à celui de l'impact sur l'environnement.

Selon l'acceptation internationale du terme, on désigne par « tourbe » cette partie du sol des tourbières, libre de toute matière végétale vivante, et essentiellement formée de résidus organiques accumulés à la suite de la décomposition anaérobie de divers végétaux. En d'autres termes, l'environnement humide d'une tourbière et l'accumulation des débris végétaux provoquent la fermentation des couches inférieures de la végétation puisque l'accès d'oxygène y est limité. La tourbe est donc le résultat de ce lent processus de décomposition. Quant au terme « peat moss », il est l'appellation commerciale de la tourbe de mousse, une sorte utilisée en horticulture. La tourbe de mousse est ordinairement peu décomposée, c'est-à-dire que le processus de transformation de la matière organique en humus est moins prononcé. On dit alors que la tourbe est non humifiée.

La tourbe est une substance excessivement complexe au plan chimique, contenant un très grand nombre de produits. Les constituants principaux de la tourbe sont la cellulose, les hémicelluloses, les résines, les cires, les sucres, les peptides, la lignine, les substances humiques et quelques métaux et produits inorganiques. La proportion relative de ces divers constituants génère différents types de tourbe, classifiés selon trois systèmes principaux soit le système américain, la technique suédoise de von Post (GEOS, Automne 1983) et le système russe.

Au plan chimique, la tourbe est un composé formé d'un noyau aromatique

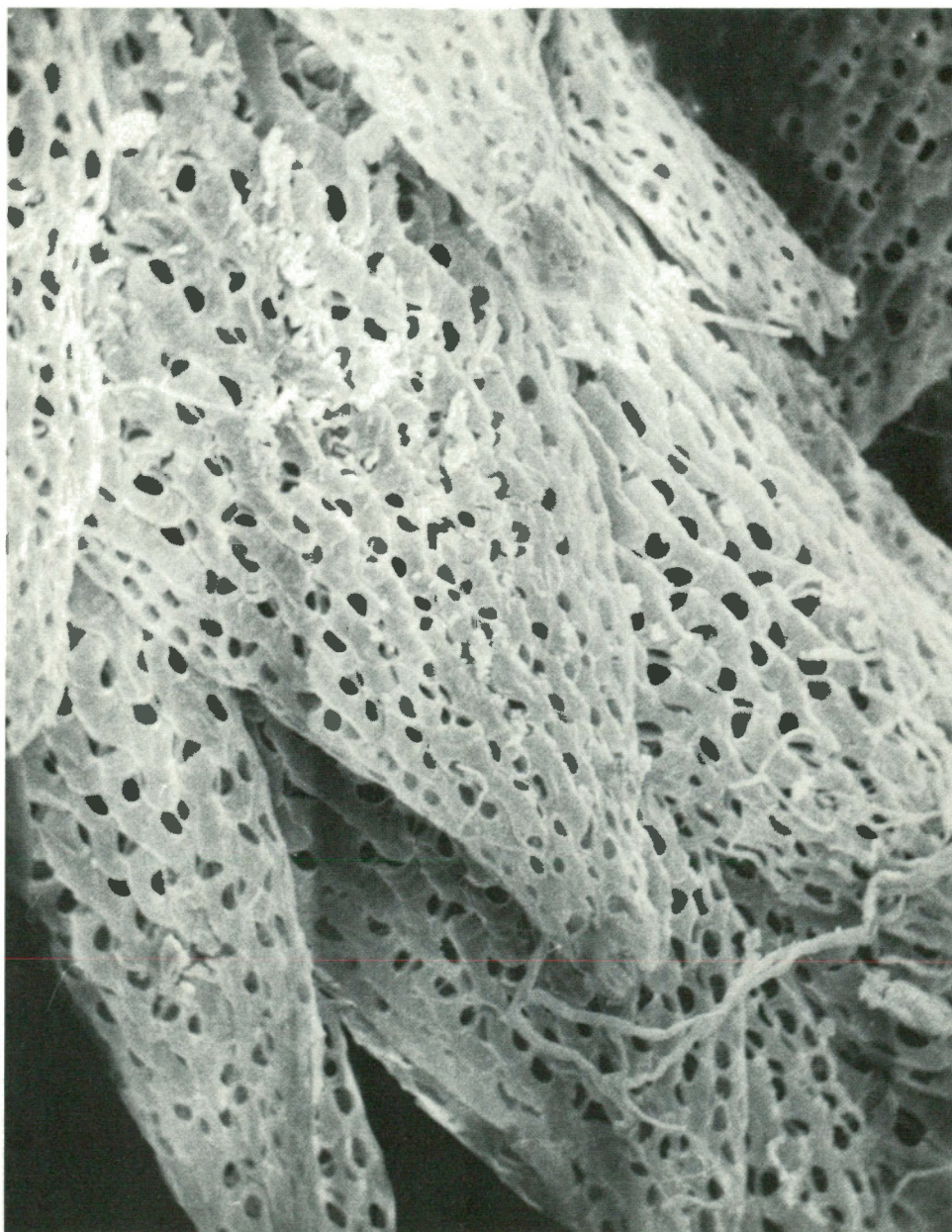


Figure 1 Échantillon de tourbe vu au microscope (grossissement: 200 fois)  
Peat sample under the microscope (magnification  $\times 200$ )

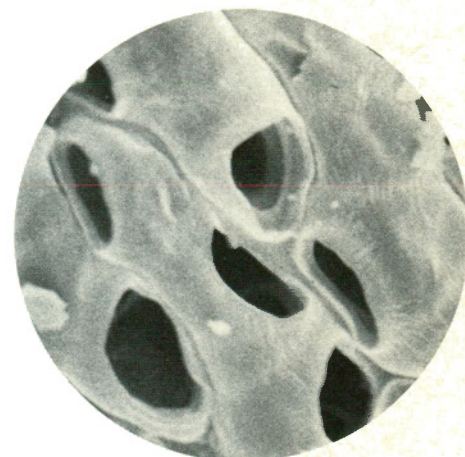


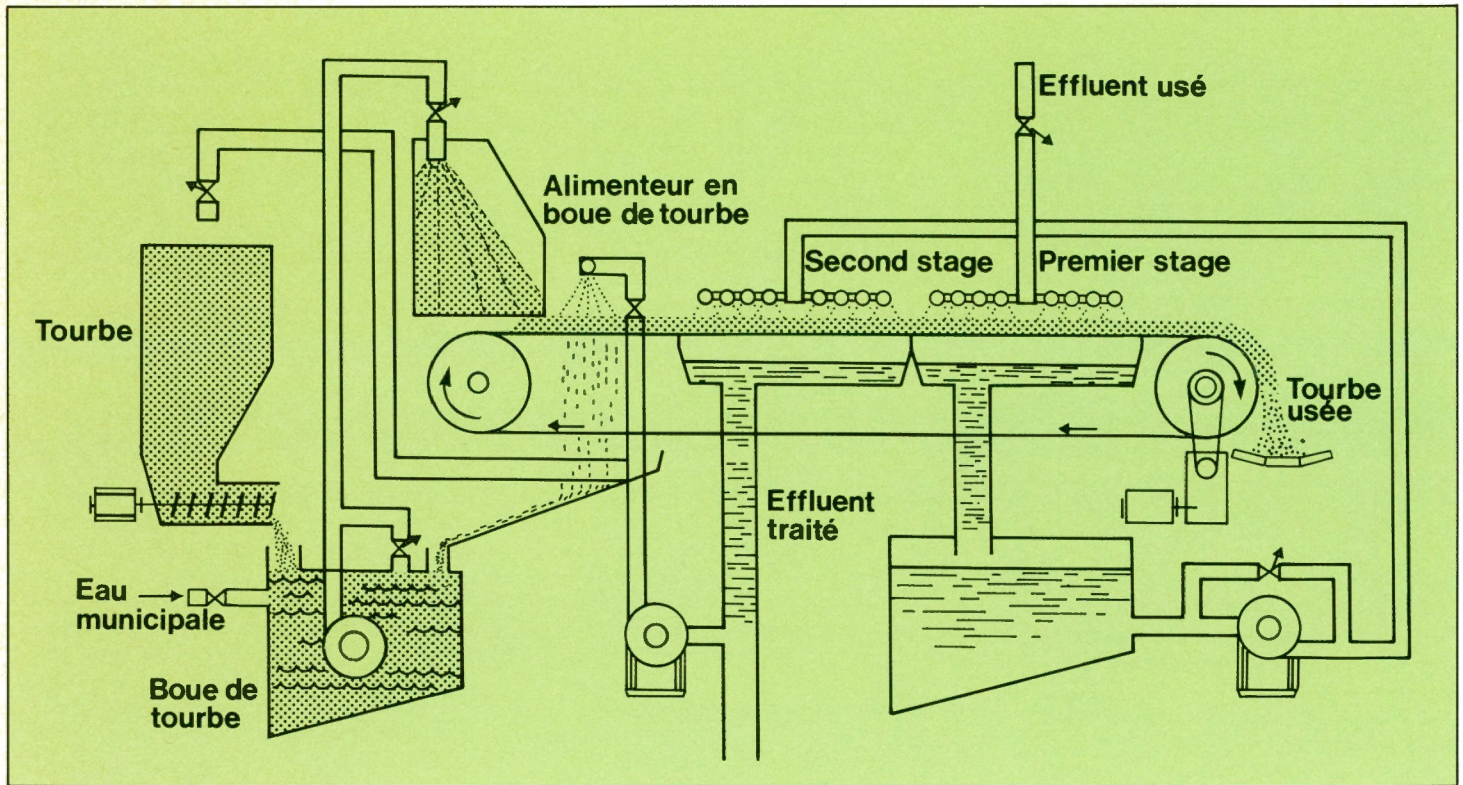
Figure 2 Échantillon de tourbe vu au microscope (grossissement: 1 000 fois)  
Peat sample under the microscope (magnification  $\times 1000$ )

auquel sont rattachés des peptides — substances composées d'acides aminés — et des hydrates de carbone. De plus, des groupements carboxyles (-COOH) et hydroxyles (-OH) sont en contact avec le noyau aromatique formant ainsi un échangeur naturel d'ions de faible capacité. Lorsque la tourbe est mise en contact avec une solution acide, aux pH équivalents à 3, 4 ou 5, ce sont les grou-

sieurs chercheurs à considérer la tourbe comme une résine naturelle d'échange ionique. De plus, la structure cellulaire et excessivement poreuse de la tourbe, comme le montrent les figures 1 et 2, ajoute un élément additionnel à l'utilisation potentielle de cette dernière comme agent filtrant. Ces propriétés d'échange ionique et de porosité ont permis de considérer la tourbe comme un agent de

coups plus vastes qu'en laboratoire et d'examiner le potentiel industriel de la tourbe relativement au traitement des métaux lourds.

La figure 3 illustre le principe de notre procédé. Ce procédé a consisté tout d'abord à former un tapis de tourbe de quelques centimètres d'épaisseur en déposant une boue de tourbe sur un grill-



pements carboxyles qui vont capter les ions métalliques. Si le pH est basique, plus élevé, ce sont les groupements hydroxyles qui deviennent alors responsables de l'échange cationique. Cet échange cationique est fonction de la nature des ions métalliques ainsi que de leur « état chimique », caractérisé par leur valence.

Les réserves de tourbe sont connues de façon très partielle à cause de l'absence de relevés systématiques des gisements. Le tableau 1 présente pour le Canada un relevé approximatif des réserves. Au niveau mondial, on rapporte des réserves de 2 500 milliards de tonnes métriques de tourbe à 40 % d'humidité. L'U.R.S.S. possède les plus grands gisements de tourbe au monde, soit 923 milliards de m<sup>2</sup> et participe dans une mesure de 95,7 % à la production mondiale de tourbe. Le Canada se situe au troisième rang des principaux producteurs de tourbe avec une superficie de tourbières s'élevant à 138 milliards de m<sup>2</sup> et une production annuelle de 0,13 % par rapport au total de la production mondiale de tourbe.

L'existence de groupements hydroxyles et carboxyles dans la tourbe a incité plu-

purification des eaux industrielles contenant des métaux en solution et tout spécialement des eaux usées provenant de la galvanoplastie.

La capacité d'échange ionique de la tourbe pour les métaux comme le cadmium, le cuivre, le zinc, le plomb et le mercure était connue depuis le début des années 30. Cette capacité naturelle de la tourbe d'échanger des ions est reliée au pH de la solution. Pour des pH supérieurs à 8,5, la structure fibreuse de la tourbe se détruit, formant une pâte en solution, processus assez identique à la solubilisation de la cellulose dans l'industrie des pâtes et papiers. Pour des pH inférieurs à 3,5, la tourbe conserve son intégrité mais sa capacité d'échange devient très faible. Entre 8,5 et 3,5, la capacité d'échange de la tourbe est intéressante, variant selon la nature du métal, et pouvant atteindre jusqu'à 4 % de son poids sec en métaux.

Plusieurs essais à des niveaux semi-industriels ont été réalisés. M. J. M. Lalancette et moi-même avons mis au point une unité semi-industrielle d'une capacité de 90 m<sup>3</sup> par jour. Cette installation nous a permis d'effectuer des expériences beau-

Figure 3 Schéma de fonctionnement du système d'élimination des métaux lourds

Diagram of the heavy metals elimination system

Province	Superficie en km <sup>2</sup>	Quantité en millions * de tonnes métriques (tourbe sèche)
Ontario	260 850	43 823
Alberta	103 600	17 405
Saskatchewan	93 240	15 685
Terre-Neuve et Labrador	20 720	3 480
Colombie-Britannique	18 620	3 128
Québec	12 950	2 176
Manitoba	1 350	227
Nouveau-Brunswick	630	106
Nouvelle-Écosse	50	8
Île-du-Prince-Édouard	25	4
Total	512 035	86 022

\* profondeur moyenne: 2 m (tourbières non drainées)  
1 m<sup>3</sup> de tourbe extraite in situ donne 84 kg de tourbe à 0 % d'humidité  
(Source: Simard, A., Les Tourbières au Canada, Compte rendu du Symposium, La Tourbe au Canada, Sherbrooke, Québec, 1972)

Tableau 1 Évaluation des gisements de tourbe au Canada

Estimate of peat deposits in Canada

Cas	Élément et pH	Analyse avant traitement (ppm)	Analyse après traitement (ppm)	Traitement
1	Pb	2,0	0,025	pH ajusté à 8,0 avant le traitement. Sédimentation et contact avec la tourbe.
	Sb	2,5	0,90	
	Cu	1,0	0,20	
	Zn	1,5	0,25	
	Ni	2,5	0,07	
	pH	1,6	7,1	
2	Cu	2,50	0,24	pH ajusté à 8,0 avec la chaux avant le traitement. Sédimentation et contact avec la tourbe.
	Ni	67,5	0,50	
	Zn	7,5	0,08	
	pH	2,5	7,2	

Conditions d'opération  
tourbe: 500 g/min  
débit d'eau usée: 2 422 L/h m<sup>2</sup>  
surface de contact/étape: 2,22 m<sup>2</sup>  
nombre d'étapes: 2

(Source: Coupal, B. et J. M. Lalancette. The treatment of waste waters with peat moss. Water Research, vol. 10, n° 12, 1071-1076, 1976)

Tableau 2 Essais industriels d'élimination des métaux lourds avec la tourbe  
Industrial tests of eliminating heavy metals using peat

lage métallique en mouvement dont la vitesse était ajustée en fonction de la capacité d'échange ionique de la tourbe. L'eau usée fut ensuite aspergée sur le tapis, en deux niveaux: le premier étant situé le plus en aval du tapis; le second reprenant l'eau mise en contact une première fois avec la tourbe pour un second contact. La tourbe usée fut ensuite comprimée mécaniquement jusqu'à 75 % de teneur en eau et placée dans un lieu d'enfouissement industriel. Des essais de lixiviation ont démontré que le relargage des métaux captés par la tourbe était absent aussi longtemps que le pH était gardé à l'intérieur de la plage 3,0 à 8,5. Le tableau 2 fournit quelques résultats de nos travaux.

Après avoir pris connaissance de nos travaux, un organisme américain, la Metal

Finishers' Foundation, a décidé d'évaluer le potentiel de la tourbe comme agent d'élimination des métaux lourds. Les essais ont été réalisés dans une usine de placage de la région métropolitaine de Chicago dans les conditions suivantes: capacité du réservoir de 15,75 L, section du réservoir de 0,222 m<sup>2</sup>, débit de 6,75 L/min et volume de la tourbe de 0,12 m<sup>3</sup>. La tourbe et l'eau à traiter ont ainsi été mises en contact seulement dans un réservoir agité, comme l'indique la figure 4.

Les résultats du tableau 3 montrent que la tourbe est un agent d'épuration efficace pour diminuer les teneurs en cadmium et en zinc. D'autres essais, s'échelonnant parfois sur plusieurs jours, ont porté en particulier sur le zinc. D'après les conditions existantes lors de nos essais, au bout de sept jours, la teneur en zinc des eaux résiduaires a été réduite de 70 %; après cette expérience, la tourbe a été régénérée en la mettant en contact avec de l'acide chlorhydrique.

En France, la société SECMAPP a effectué des essais de traitement d'effluents provenant d'ateliers de galvanoplastie en utilisant la tourbe comme agent d'épuration. Les résultats ont été de même nature que ceux déjà présentés. La tourbe s'est avérée un agent efficace d'échange ionique, lorsqu'elle est utilisée dans les conditions appropriées de pH.

#### L'épuration des eaux domestiques

Avant d'être renvoyées en milieu naturel, les eaux résiduaires urbaines doivent subir une série de traitements visant à les débarrasser de certaines impuretés. Un premier traitement, appelé traitement pri-

maire, consiste en un dégrillage ou tamisage ou décantation et est destiné principalement à l'élimination de la pollution grossière: débris, matières fécales solides et divers débris. Le traitement primaire classique laisse sortir une eau apparemment claire et de teneur assez faible en matières en suspension. Cette eau est toutefois encore odorante et contient surtout une pollution chimique dissoute, constituée en grande partie de matières organiques et d'une population bactérienne porteuse de germes microbiens plus ou moins pathogènes. Il est possible de mesurer le degré de pollution en évaluant la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène dissous à cinq jours (DBO5) ainsi que la teneur en coliformes par millilitre.

Les organismes gouvernementaux fixent la teneur des eaux en DBO5, DCO et leur quantité de coliformes avant leur renvoi en milieu naturel. Afin de ramener ces valeurs aux normes gouvernementales, les stations d'épuration effectuent un traitement appelé traitement secondaire. Les techniques les plus connues consistent en la floculation, soit l'agglutination des particules en suspension, par voies physico-chimiques, ou en un traitement par boues biologiques. Dans le premier cas, des additifs sont injectés pour que les matières organiques se sédimentent et se récupèrent plus facilement, sous forme de boues. Dans le second cas, on ajoute des semences constituées de boues biologiques et contenant des microorganismes pour que les matières organiques en suspension soient détruites ou consommées par ces microorganismes. Il en résulte alors des boues biologiques qui sont décantées et récupérées. Ce procédé dit de « traitement biologique » est très répandu et constitue, sans aucun doute, la technique la plus classique.

La tourbe a remplacé dans le passé, et dans certains cas encore aujourd'hui, les traitements secondaires décrits précédemment. Le traitement par la tourbe est communément appelé « le lagunage sur lit de tourbe ». Aucune addition de produits chimiques ni de microorganismes n'est requise. Il n'est pas besoin non plus d'avoir recours à l'agitation mécanique ou à l'addition d'air sous pression pour activer l'oxydation de la matière organique. Finalement, aucune décantation ou séparation des boues n'est nécessaire.

Le procédé du lagunage sur lit de tourbe consiste essentiellement à faire passer l'eau usée, issue du traitement primaire, sur deux couches de tourbe. L'eau usée se met à percoler à travers les lits de tourbe reposant sur une couche de sable, de gravier ou sur tout autre support filtrant. Le procédé est simple d'exécution et réduit substantiellement l'odeur et la charge polluante. Les rendements obtenus

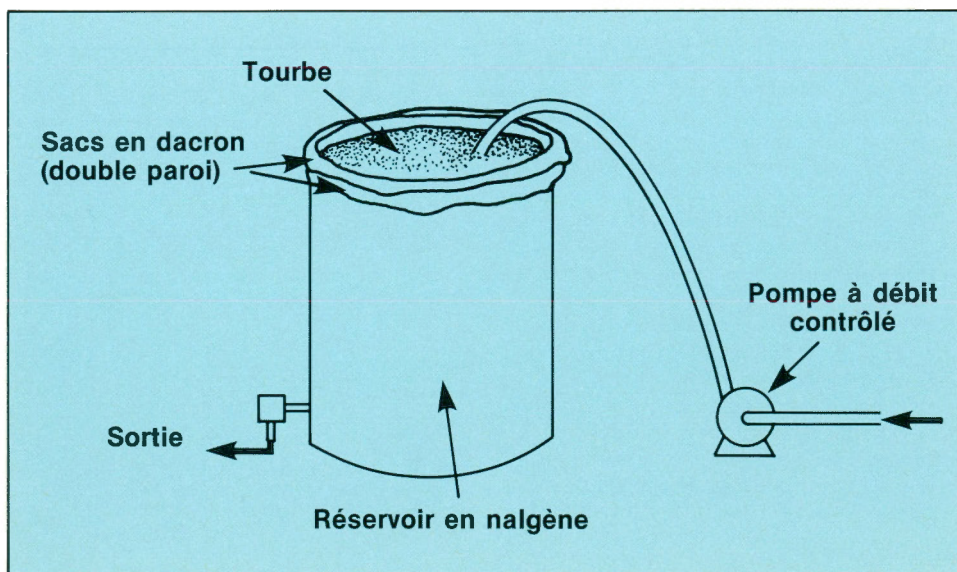


Figure 4 Installation utilisée dans les essais de la Metal Finishers' Foundation  
Equipment used for the Metal Finishers' Foundation tests

Paramètre	Concentration à l'entrée (ppm)	Concentration à la sortie (ppm)
Cyanures totaux	4,00	3,35
Cuivre total	0,4	0,30
Cuivre dissous	0,4	0,30
Cadmium total	1,3	0,30
Cadmium dissous	1,3	0,3
Zinc total	24,8	7,7
Zinc dissous	16,2	6,5
Nickel total	11,0	6,4
Nickel dissous	11,0	6,2
Chrome total	3,5	2,9
Chrome dissous	3,4	2,8
Solides en suspension	12,8	9,6
pH	7,49	6,36

(Source: Altmayer, F. The use of sphagnum moss to reduce metallics in waste water. Finishers' Management, July, 1977).

Tableau 3 Résultats des essais commandités par la Metal Finishers' Foundation  
Test results financed by the Metal Finishers' Foundation

sur la DCO sont de 70 à 85 % de réduction pour une eau ayant un teneur initiale de 200 à 5 000 mg/L de DCO. Quant à la DBO5, la réduction est de 60 à 85 % pour une eau d'apport contenant 50 à 2 000 mg/L. Cette méthode réduit aussi considérablement les coliformes, de l'ordre de 99 % pour des eaux usées contenant de 200 à 8 000 coliformes par millilitre. Les matières en suspension sont éliminées au moins dans une proportion de 95 % alors que, à l'entrée, on les retrouve en moyenne dans des proportions se situant entre 100 et 500 mg/L.

Le traitement par la tourbe, comme le démontre la figure 5, présente l'avantage d'être d'une grande souplesse; il peut s'adapter à un accroissement brutal de charge sans pour autant baisser de rendement, il s'insère aisément dans un cadre naturel et permet la récupération de la tourbe comme engrais agricole. La façon la plus appropriée d'utiliser ce procédé consiste à faire percoler l'effluent du traitement primaire sur un premier lit de tourbe, épais de 5 à 30 cm, et qui repose sur une couche de sable et de gravier; puis, à faire écouler l'eau sur un second lit de tourbe, épais de 10 à 80 cm, placé

également sur une couche de sable et de gravier, et tassé de façon homogène. Le premier lit affine ainsi le tamisage et retient les particules, tandis que le second lit achève le traitement.

L'installation classique consiste en deux ou trois lagunes de tourbe, ou étangs, afin que l'opération soit continue. Lorsqu'une lagune est utilisée, les autres sont laissées au repos ou nettoyées par un rotoculteur pour leur redonner une perméabilité adéquate. Pour la technique du lagunage sur tourbe, on s'en tient, en général, aux conditions suivantes: le lit de tourbe blonde, utilisée en horticulture, a une épaisseur de 40 cm et une surface de 200 m<sup>2</sup>, le débit de percolation se situe entre 40 et 60 L/h m<sup>2</sup>, avec une permutation des lagunes de 8 à 15 jours.

La méthode de la filtration sur tourbe constitue une solution originale au problème croissant de l'épuration des eaux résiduaires. La souplesse de ce procédé et son faible coût de revient sont les principaux facteurs qui justifient son utilisation dans certaines applications. Mais, comme toute technique classique, elle possède ses propres limites au-delà desquelles elle n'est plus applicable. Ainsi, il ne semble pas possible de concevoir de telles stations d'épuration pour un bassin de population excédant 10 000 habitants, ce qui correspond à une surface nécessaire de lagunage d'environ 2 500 m<sup>2</sup>. Cette technique est largement utilisée en France, en Espagne, en Italie et en Grèce dans le cas des municipalités comptant 5 000 habitants et moins. Au Québec, un projet pilote est présentement en cours dans les Laurentides et des essais ont été réalisés à la baie James. Aux États-Unis, des travaux ont été réalisés au Minnesota et au Maine. Tous les essais donnent des résultats très positifs en autant que les limites du procédé sont respectées.

L'utilisation de la tourbe à des fins d'épuration ouvre des perspectives intéressantes

à divers titres. Sa capacité d'adsorption par voies physique et chimique en fait une substance naturelle dont les coûts d'utilisation restent peu élevés. Au plan chimique, les processus de fixation chimique sont relativement bien connus et la capacité de la tourbe d'éliminer, par exemple, les métaux lourds constitue une technique qui peut être quantifiée de façon adéquate. L'inconvénient principal de la méthode réside dans les volumes de tourbe qu'il faut manipuler. En ce qui concerne les eaux usées domestiques, l'utilisation de la tourbe soulève une série de questions encore non résolues. On ne connaît pas suffisamment les phénomènes biologiques et physico-chimiques qui se produisent. La matière organique est détruite efficacement mais on ignore encore les processus de transformation et les mécanismes précis qui entrent en jeu. Des études complémentaires sont nécessaires afin de comprendre et de maîtriser ces mécanismes et d'en améliorer les performances.

Peat is used to purify industrial waste waters. Because of its porous texture and properties, peat acts as a natural waste water filter by decreasing and even eliminating the heavy metals content of water.

This article is also available in English.

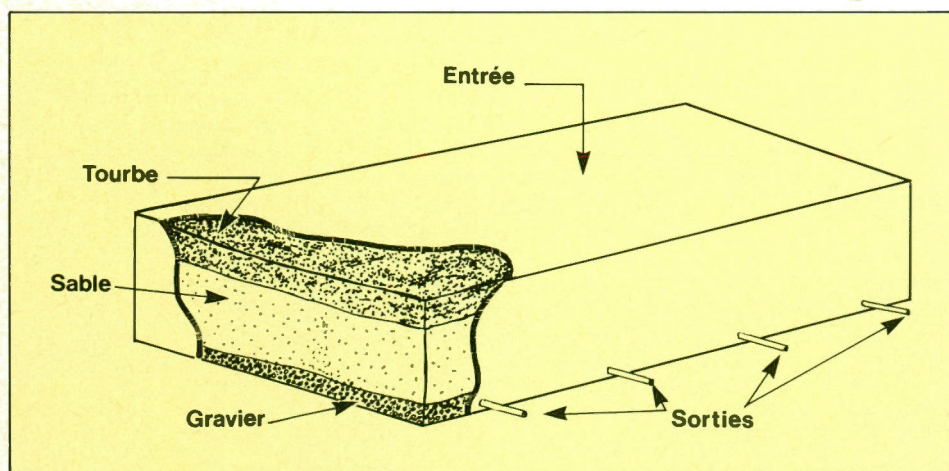


Figure 5 Schéma d'une lagune de tourbe  
Diagram of a peat oxydation pond



# Tidal Wave Floods Albernis

PORT ALBERNI, B.C. (CP)—A relentless lash of waves from the Alaska earthquake funneled up an inlet to the heart of Vancouver Island today, sparing life but dealing heavy damage.

The twin communities of Port Alberni and Alberni, with a total population of 25,000, were dealt a series of blows.

The water carrying logs into the streets like toothpicks covered a wide area of Port Alberni to a depth of five feet.

Waves rolled down from the Albatian earthquake zone, washing up inlets open to the Pacific on the west coast of Vancouver Island.

Residents of Alberni-Port Alberni had 10 minutes warning before each wave struck. Police said it was a miracle no one was severely injured.

The 10-minute warning was given by the Bamfield lighthouse keeper at the head of the channel.

The first wave struck while most people in the sister cities were asleep.

**SPENT NIGHT IN STREETS**  
Once awakened, many spent the night in the streets—fearful

# Alaska Ripped by Earthquake

# Tidal Wave Floods Port Alberni

## Johnson Pledges Full Aid

**JOHNSON CITY, Tex.** — President Johnson said earthquake-ravaged Alaska is a major disaster area and pledged the full effort of the United States government "in meeting this disaster."

Alaskans and all Americans will pull together to overcome this disaster," Johnson said in a statement.

The president said the disaster was the worst in the history of the state. He said the federal government would provide \$250 million in aid to help the state recover.



Map locates area in Alaska struck Friday night by disastrous earthquake.

## Death Toll To Be Heavy

**ANCHORAGE, Alaska (AP)**—A devastating quake spread death and destruction through half a dozen Alaskan cities Friday night.

The shock set up tidal waves which swept down the west coast of the continent, doing heavy damage and taking more lives.

The death toll may reach into the hundreds, but no casualties were reported.

Tens of thousands fled to higher land in Fairbanks and other areas and promised full federal government support to the stricken state.

Anchorages, Alaska's largest city, with a metropolitan population of about 100,000, was hardest hit.

William J. Tobin, managing supervisor of the Anchorage Daily, stated three dead and 20 missing.

The city struggled to restore communication as power lines snapped through the city.

Heavy communities were in sea near Cordova. The shock which struck Kodiak Island was reported to have killed 50.

Official casualty lists were expected the next day.

**At Least 70 Drowned In California**  
At Crescent City, Calif., waves were heavy and spectacular. More than 2,000 people were killed.

**Tidal Wave Unnoticed In Victoria**  
Tidal waves that battered Vancouver Island's west coast overnight went almost unnoticed in Victoria.

Their force was expended before the waves got as close as Port Renfrew.

B.C. Pilotage here said no unusual tide rise was noticed.

Tremors from the earthquake that shook Alaska were felt in widely-scattered points in B.C.



Tidal wave demolishes house at Crescent City, Calif. See pictures and stories, pages 2 and 16.

# Tsunami: The Dreaded Harbour Wave

## How great a threat is it to Canadians?



Garry Rogers discusses the magnitude of a recent disturbance plotted on these earthquake-recording seismographs.

Garry Rogers discute l'ampleur d'une récente perturbation qui a été enregistrée par les sismographes

by Jocelyn Marshall

The very mention of 'tsunami' is enough to strike terror into the hearts of people living in Pacific Rim countries like Japan, Indonesia, Hawaii, Chile and Peru, where death and destruction caused by its blind force are only too well known.

Most Canadians have had no immediate experience with this killer. They may see it in their mind's eye as an enormous wall of water swallowing up everything in its path. But never in Canada. They forget, if they ever knew, that 26 people were killed by a Grand Banks earthquake-triggered tsunami in 1929, or that in 1964 a tsunami destroyed much of Port Alberni

on Vancouver Island. That wave, generated in Alaska by one of the largest earthquakes ever recorded, was responsible for 122 deaths and 104 million dollars worth of damage along the Pacific coast of North America.

Though it is often referred to as a 'tidal wave', the tsunami has nothing to do with tides. It's like the tide only in that it is unnoticeable in the deep ocean, while it increases in height due to shoaling as it reaches shallow coastal waters. It can be recorded by instruments, yet it can't be seen from an airplane or felt on a ship.

Strung out over several hundred kilometres from crest to crest, the tsunami

may be only a few feet high as it races across the ocean at speeds of up to 750 km per hour. But when it approaches a harbour or a beach, all the speed and power of this 'great harbour wave' (a translation of the Japanese word 'tsunami') are concentrated, and the wave runs up onto the land. Run-up heights are influenced by the slope of the land and the shape of the bays and inlets, but in some circumstances can reach levels of 10 m or more.

Canada's west coast is known to be vulnerable to tsunamis generated elsewhere in the Pacific, but generally, notes Dr. Garry Rogers, a seismologist at the Pacific Geoscience Centre, "Canada is



Aftermath of the 1964 tsunami at Port Alberni, B.C.

Port Alberni, après le passage du tsunami en 1964

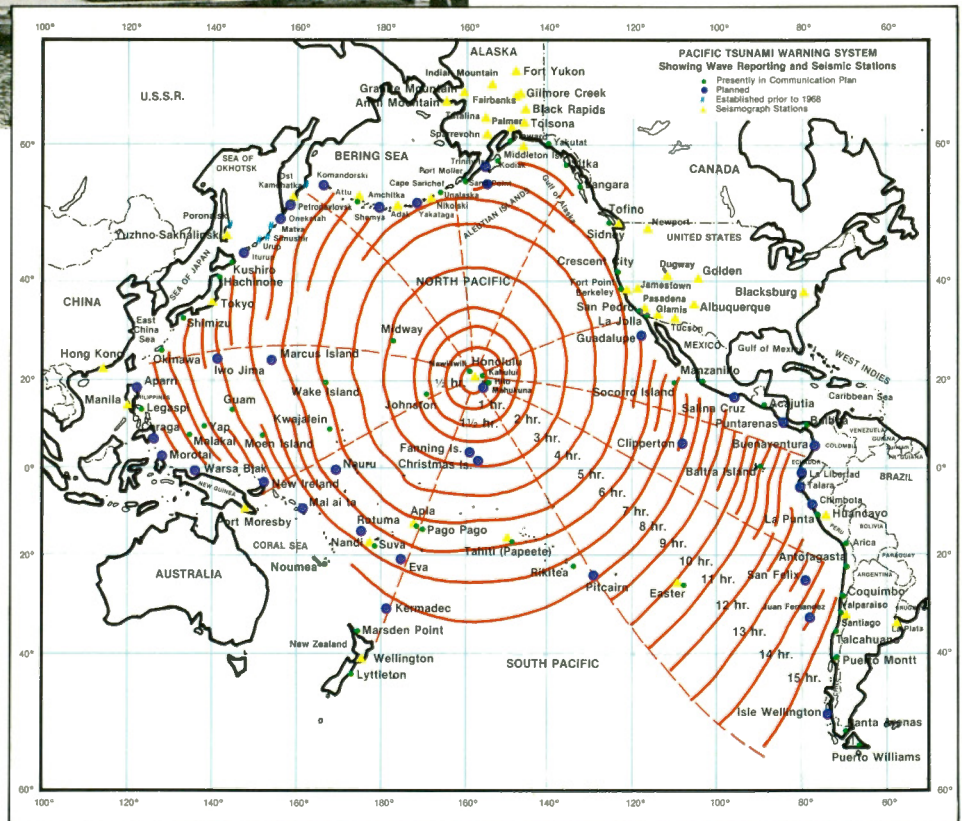
not considered to be a tsunami-generating country, even though we know we have earthquakes, some of them fairly large."

Just how serious a threat locally generated tsunamis are to Canadians has been the subject of intense research by Rogers, who believes that they cannot be dismissed out of hand. According to him, most of the world's tsunamis occur in the Pacific basin and are caused by earthquakes in the circum-Pacific belt of earthquakes and volcanoes — the ring of fire.

That's one reason why Rogers feels Canada should continue to participate in ITSU (International Coordination Group for the Tsunami Warning System in the Pacific) and ITS (International Tsunami Symposium) which met at the Institute of Ocean Sciences in Sidney, B.C. this summer to discuss the latest tsunami research and improvements in the Pacific-wide tsunami warning system based in Honolulu.

Rogers has been looking particularly at whether the earthquake situation on the west coast of Canada could produce tsunamis. "A tsunami," he points out, "is primarily caused by an earthquake on the floor of the ocean, usually one with a lot of up and down (slip-dip) motion. This vertical motion on the fault causes the sea bed to move up or down many metres or many tens of metres over very large areas.

"For instance, the 1964 Alaska-generated tsunami, which spread over an area roughly 400 — 500 km by 100 km, jumped up into the air about ten metres in two minutes. That displaced a lot of water and sent out a damaging wave that went clear across the Pacific."



The most widespread destruction during a tsunami, according to consulting engineer Duncan Hay, results from high currents generated as the water level rises or falls 30 to 60 cm per minute. Such a rise or fall can last an hour or more during large tsunamis, carrying with it logs and debris that batter anything in its path. Observers in Alberni during the 1964 disaster reported that floating logs and houses reached speeds of more than 33 km per hour.

While an underwater earthquake is the commonest cause of the tsunami, two other phenomena — underwater volcanic explosions (such as Krakatoa in 1883) and large underwater landslides — also displace a lot of water and can generate these waves.

Along the west coast of Canada, Rogers explains, are two distinct geological or tectonic environments. One is the Queen Charlotte Fault, a very large strike-slip fault with the same kind of motion as the St. Andreas Fault in California; while the other is the Juan de Fuca subduction zone which runs along the west coast of Vancouver Island, and the coast of Washington and Oregon to the south.

What raises questions about the tsunami potential in the Queen Charlotte Fault region is that it is *not* a pure strike-slip horizontal fault. Rather, there appears to be some convergent motion where one plate is trying to slip under the other.

Some of the earthquakes, particularly in the southern parts of the Queen

Charlottes, demonstrate this motion quite clearly. "Instead of all the earthquakes being pure strike-slip or horizontal motion," Rogers points out, "we see some of them having vertical motion. There's a lot of potential convergence that hasn't shown up in the earthquakes."

Will it show up in large thrust earthquakes that have significant vertical motion? At this point, Rogers doesn't know, but he warns that if that happens, we should look out for tsunamis.

The other potential cause of tsunamis on the Queen Charlotte Fault is underwater landslides, such as a very large one about 20 km wide discovered only last year by a new underwater mapping technique called SeaMARC (see GEOS, Spring 1985). Such a landslide would displace a great deal of water as it formed and could very easily generate a tsunami.

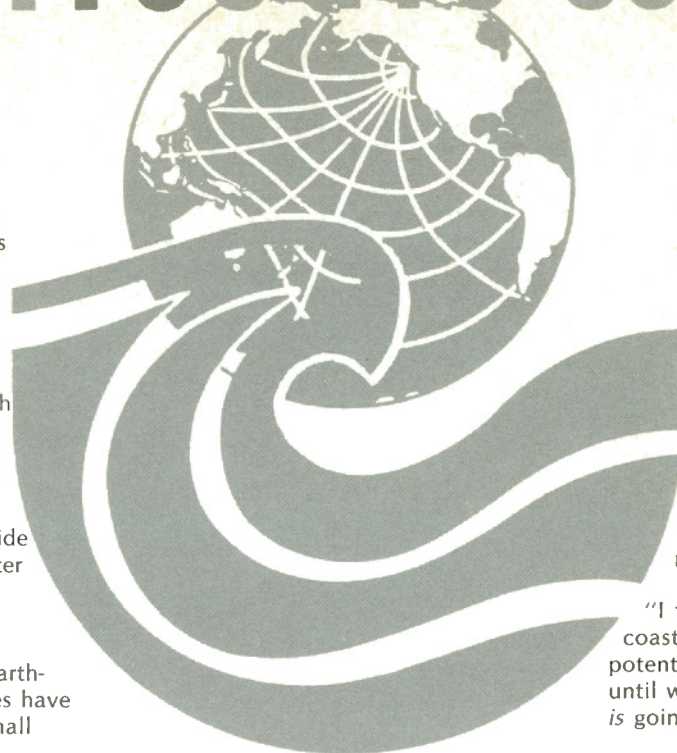
"We know that some of the big earthquakes along the Queen Charlottes have produced measurable, but very small tsunamis in Hawaii," Rogers notes. "Somehow this convergent motion between two plates has to be resolved." When and how is the big question.

The Juan de Fuca area, on the other hand, is a true subduction zone where the Juan de Fuca plate is subducting (slipping under) Vancouver Island. While it is much like the zones where other tsunamigenic earthquakes occur, no earthquakes have been seen on it, says Rogers, who has studied zones around the Pacific where ocean crust of the same age is being subducted.

"What you will find," he discovered, "is the trend towards very large earthquakes with very few smaller earthquakes between. The southern tip of South America, for instance, produced the world's largest measured earthquake in 1960. Right now there is absolutely no seismicity there, no earthquakes at all. Similarly in northern Mexico, a large destructive earthquake and tsunami occurred in 1932 in a region that is now seismically quiet. In these and other areas where young oceanic crust (less than 20 million years old) is subducting, we have repeat periods of these very large earthquakes anywhere from 50 to several hundred years apart."

One of the scenarios Rogers feels is possible in the Juan de Fuca zone is that there are very large earthquakes, but that because they're far apart in time, and because we have no written records going

# ITSU:ITS 85



What seems to happen with the younger oceanic material, such as that in the Juan de Fuca subduction zone, is that because it is more buoyant, it forces itself up against the continent (see *Lithoprobe Maps Subduction Zone*, GEOS, Summer 1985) and there is a tremendous coupling force. The material doesn't slide for a long time, but the energy seems to accumulate and a really big earthquake erupts.

"Basically, this subduction zone has been dismissed as anomalous," observes Rogers. "Because we haven't observed small earthquakes, people feel we are never going to have large ones and the resultant tsunamis. I don't find this area to be anomalous at all. I find it fits right into the earthquake pattern of other areas where young oceanic material is being subducted.

"I think," he concludes, "that the west coast of Canada should be considered potentially tsunamigenic — at least until we can figure out exactly what is going on."

back more than 150 years on the west coast, we don't know when such earthquakes might have occurred.

Interestingly enough, at least two groups of west coast Indians, both of which live in potentially tsunamigenic areas, have legends describing an ocean birth that could be caused by a tsunami.

"There is also a *hint* in the geological record," says Rogers. "The Columbia River at the Washington-Oregon border dumps out what is essentially a big deltaic deposit called the Astoria Fan. Landslides along the delta front cause turbidity currents that deposit material a long way out from the shore. When deep ocean coring was done in this area by University of Oregon scientists, it was found that these turbidity current deposits appear roughly every 500 years."

Such currents *could* represent underwater landslides caused by big earthquakes, or they could simply document the rate at which material slumps off the constantly growing Astoria Fan. "But what it definitely tells us," Rogers believes, "is that if we *have* had monster earthquakes, they could not have happened oftener than every 500 years. The turbidity current evidence indicates that we may be in the middle of some sort of repeat cycle right now."

Le tsunami, qui désigne plus communément un raz de marée, circule sur des milliers de kilomètres dans l'océan, causant des ravages sur les régions côtières qu'il frappe.

Les tsunamis touchent le plus souvent les pays situés sur les bords du Pacifique, tels que le Japon, l'Indonésie, le Chili et le Pérou. Cependant, ils ont également frappé les côtes est et ouest du Canada.

Les tsunamis sont provoqués la plupart du temps par des tremblements de terre continentaux, mais des tremblements de terre marins et des glissements de terrain peuvent aussi être à leur origine.

Le sismologue Garry Rogers étudie les causes de ces vagues destructrices et l'éventualité de tsunamis sérieux à l'avenir sur la côte ouest du Canada.

Cet article est aussi disponible en français.

# Le repérage du système tourbillonnaire du Saint-Laurent

Le satellite HCMM permet de visualiser la circulation des eaux de surface dans l'estuaire du Saint-Laurent à partir des variations spatiales des températures de surface

par André Lavoie, Mohammed El-Sabh, Ferdinand Bonn et Jean-Marie Dubois

M. André Lavoie est chargé de projet au Centre d'applications et de recherches en télédétection de l'Université de Sherbrooke. Il est géographe spécialisé en télédétection du milieu aquatique.

M. Mohammed El-Sabh est professeur en océanographie physique à l'Université du Québec à Rimouski.

M. Ferdinand Bonn est professeur titulaire au Département de géographie et directeur scientifique du Centre d'applications et de recherches en télédétection de l'Université de Sherbrooke.

M. Jean-Marie Dubois est professeur titulaire au Département de géographie et directeur administratif du Centre d'applications et de recherches en télédétection de l'Université de Sherbrooke. Il est spécialisé en géomorphologie littorale et en télédétection.

L'estuaire et le golfe du Saint-Laurent produisent à eux seuls plus de 40 % du poids total des produits des pêcheries canadiennes, soit un quart de la valeur totale de la production. Dans ce contexte, il est donc nécessaire d'envisager une gestion efficace des ressources marines par des recherches continues en vue d'améliorer la productivité biologique des eaux du Saint-Laurent.

À cette fin, il est important de connaître la dynamique des eaux et son impact sur les écosystèmes marins puisque ce sont des facteurs qui contribuent à cette productivité. En effet, la résurgence des eaux

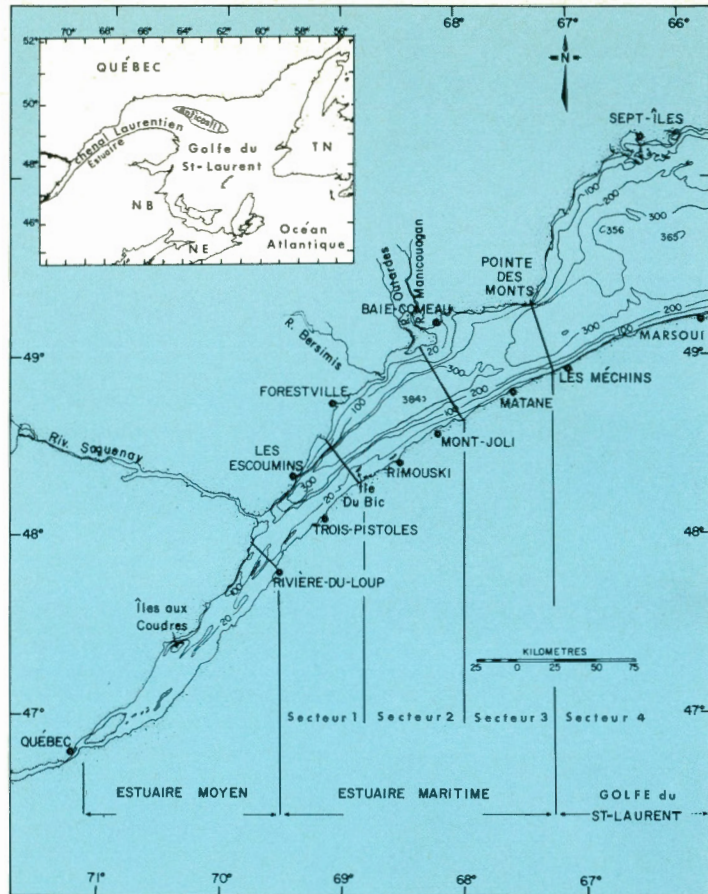


Figure 1 Carte de localisation et secteurs d'étude Index map sheet and study sectors

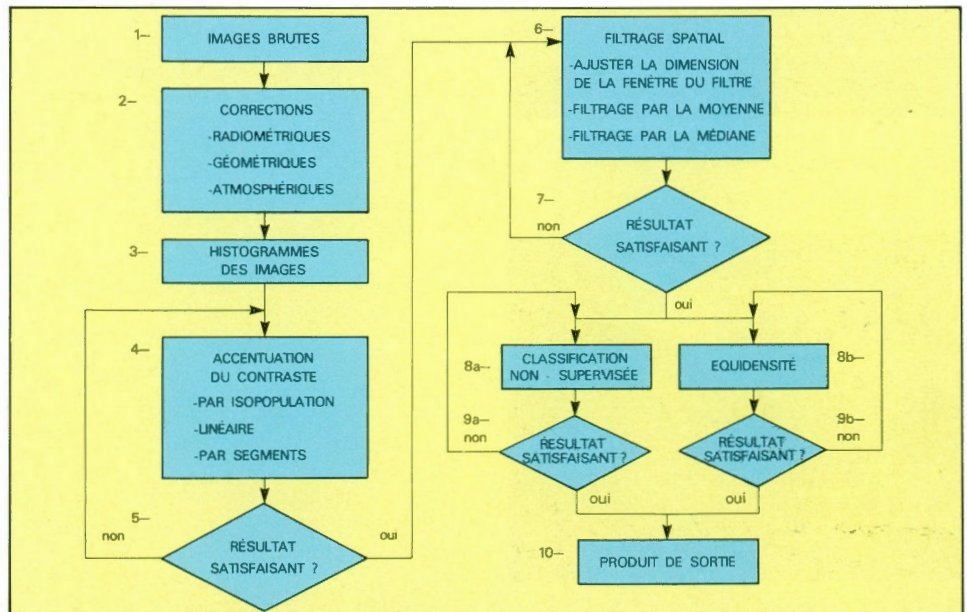


Figure 2 Organigramme d'analyse des images Image analysis flowchart

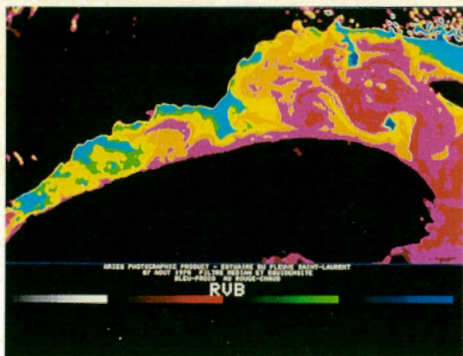


Figure 3 Image classifiée du 7 août 1978  
Classified image of August 7, 1978

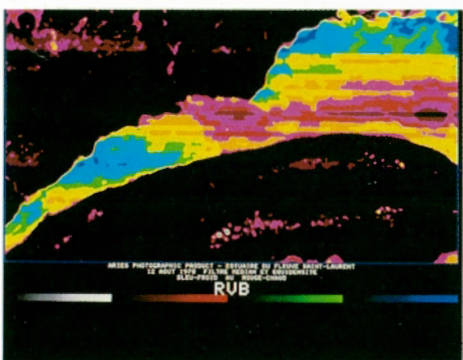


Figure 4 Image classifiée du 12 août 1978  
Classified image of August 12, 1978

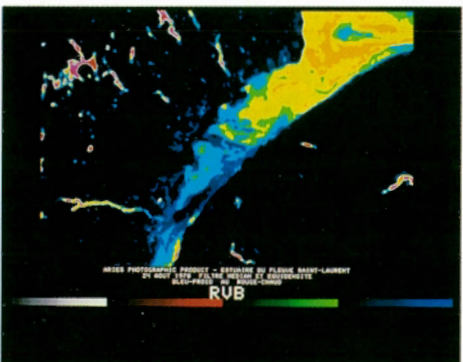


Figure 5 Image classifiée du 24 août 1978  
Classified image of August 24, 1978

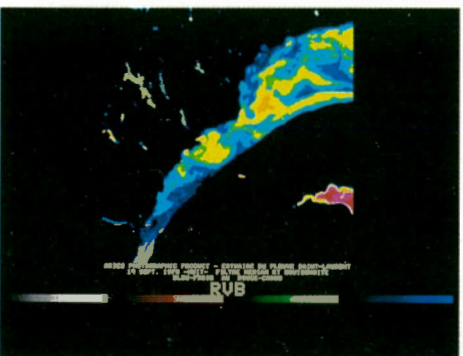


Figure 6 Image classifiée du 14 septembre 1978 (nuit)  
Classified image of September 14, 1978 (night)

salées favorise la formation d'éléments nutritifs.

Cette recherche qui fait appel à la télédétection a donc été entreprise dans l'optique d'une meilleure compréhension de l'écoulement des eaux de l'estuaire maritime. Dans ce but, le Laboratoire de télédétection de l'Université de Sherbrooke a pu bénéficier des fonds du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG).

La région étudiée couvre environ 30 000 km<sup>2</sup> et constitue un des bassins les plus productifs du monde en termes de ressources marines (figure 1). On sait que la dynamique des eaux de ce type de milieu est déterminante sur les réseaux trophiques et les mécanismes de productivité biologique. On sait aussi que la dimension et la profondeur des chenaux, les exutoires d'importantes rivières, les marées internes de forte amplitude ainsi que l'englacement durant une bonne partie de l'année font de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent un milieu des plus mal compris actuellement, notamment en rapport à la circulation des eaux de surface.

Parmi les phénomènes connus, signalons, entre autres, une remontée des eaux profondes à l'embouchure du Saguenay de même qu'un front plus dense à l'embouchure de l'estuaire. Au contact de ces résurgences, il se crée un fort mélange vertical des eaux. Entre ces deux zones, la circulation de surface se compose d'une alternance de tourbillons cycloniques et anticycloniques. Ces conditions ne sont pas stables mais peuvent se répéter un certain nombre de fois par an. Cette tendance cyclique n'a cependant pas encore été prouvée.

À partir d'images du satellite HCMM (Heat Capacity Mapping Mission), il est possible d'obtenir une vision synoptique des variations de températures des eaux de surface. Les variations thermiques observées permettent non seulement d'isoler certaines masses d'eau mais également d'en approcher la dynamique. Ces images ont été prises dans l'infrarouge thermique (10,5 à 12,5 microns) et leur résolution spatiale est de 500 × 500 m. Elles se présentent sous forme numérique et ont été traitées par le logiciel ARIES II sur le système d'analyse d'images DIPIX de l'Université de Sherbrooke.

La température, obtenue à partir des données satellites, est sûrement un élément d'importance qui peut entrer dans l'établissement d'un modèle de circulation au même titre que certains autres paramètres tels que la topographie du fond, la densité, la vitesse et la direction des courants. En fait, le choix de ce paramètre s'explique par le fait qu'il existe une

relation entre le sens de rotation du tourbillon et la distribution des températures de l'eau à la surface. Une description simplifiée de ce phénomène montre que dans l'hémisphère nord, un tourbillon cyclonique a des températures de surface plus froides au centre, autour de l'axe de rotation, et plus chaudes vers l'extérieur. Ce phénomène est inverse dans le cas d'un tourbillon anticyclonique.

L'analyse des images passe par quatre étapes principales : le prétraitement, l'accentuation des contrastes, le filtrage spatial et l'équidensité (figure 2).

Tout d'abord, les corrections radiométriques et géométriques constituent les prétraitements permettant de rendre les images plus conformes aux données de terrain. La production d'un histogramme de fréquence des valeurs de gris en 255 classes, permet de bien localiser l'information concernant le milieu aquatique. Chaque classe est représentée sur l'image par une teinte de gris. Dans le cas des images infrarouges thermiques, la classe 255, située à droite de l'histogramme, représente la température la plus élevée; celle-ci est reproduite sur l'image par un gris clair. La classe zéro, à gauche de l'histogramme, inclut la température la plus basse donnant la teinte gris sombre. Ainsi, sur une image thermique de jour, prise l'été, l'eau apparaît en gris sombre puisqu'elle est plus froide que la Terre. Cette dernière est représentée en gris plus clair. Il est important de connaître cette information lorsque l'on aborde l'étape suivante.

L'accentuation des contrastes permet de visualiser très rapidement la composition de l'image tout en distinguant un nombre maximum de classes de températures de l'eau. Cependant, ces classes ne donnent pas un aperçu visuel homogène. En effet, un bon nombre de valeurs s'écartent sensiblement des moyennes observées dans leur entourage. En recourant au filtrage spatial de l'image, il sera donc possible d'assimiler ces valeurs à la classe dominante et ainsi d'uniformiser l'information afin d'obtenir un résultat plus net.

Enfin la classification par équidensité, c'est-à-dire le découpage de l'histogramme en niveaux, peut se faire de façon statistique ou intuitive. Cette méthode s'est révélée plus performante que le processus traditionnel de classification. Il en résulte une image de meilleure qualité visuelle permettant une interprétation aisée.

Les résultats sont représentés sur une série de huit images prises entre le 7 août 1978 et le 20 avril 1979 (figures 3 à 10). La région étudiée a été subdivisée en quatre secteurs pour en faciliter l'interprétation (figure 1). Signalons également

que les températures les plus froides correspondent aux couleurs bleues, les températures intermédiaires sont représentées successivement dans les tons de vert, jaune et orange, et enfin les températures chaudes apparaissent en rose et rouge.

L'image du 7 août 1978 (figure 3) montre une nappe d'eau très froide dans le secteur 1. Elle représente une résurgence, à la tête du chenal Laurentien, de la couche d'eau intermédiaire provenant de l'estuaire maritime et du golfe. La résurgence est bordée à l'est par deux zones plus chaudes qui sont des courants transversaux. Dans le secteur 2, on peut voir un tourbillon cyclonique centré sur une fosse bathymétrique et caractérisé par un noyau généralement froid. Dans le secteur 3, au contraire, un tourbillon anticyclonique est visible sur un replat bathymétrique et se démarque par une masse d'eau chaude.

À la limite des secteurs 3 et 4, un front froid de densité s'étire au sud de la pointe des Monts. Formé par la rencontre des eaux à basse salinité de l'estuaire et à forte salinité du golfe, cette résurgence prend la forme d'un prisme d'eau à basse salinité. Le fort gradient horizontal de densité provoque un courant géostrophique vers le sud, puis dévie vers l'est lorsqu'il rencontre la côte et forme ainsi le courant de Gaspé.

À chacune des extrémités du front, on peut observer deux petits tourbillons qui n'avaient jamais été rapportés jusqu'à maintenant. Le premier au nord-est est anticyclonique; il est causé par les effets conjugués de la résurgence sous la région frontale et de son contact avec le grand tourbillon cyclonique qui couvre la partie occidentale du golfe. Le second tourbillon est cyclonique et se forme au contact de la résurgence et du courant de Gaspé qui permet l'évacuation des eaux de l'estuaire.

Sur l'image du 12 août (figure 4), on remarque de nouveau la présence d'une masse d'eau froide dans le secteur 2 et d'une masse d'eau chaude dans le secteur 3 et ce, malgré la mauvaise qualité de la photographie de l'écran. Par contre, la résurgence du secteur 1 n'est plus visible et celle de la pointe des Monts apparaît moins nettement. Tout le système semble se déplacer lentement vers l'est.

D'après l'image du 24 août (figure 5), la résurgence du secteur 1 est réapparue et le panache plus froid du Saguenay s'étend sur plus de 100 km le long de la rive sud. Les masses d'eau dans les secteurs 1 et 2 sont toujours froides et la masse chaude du secteur 3 révèle la naissance d'un tourbillon anticyclonique. Le front de densité de la pointe des Monts n'est guère perceptible mais la masse

d'eau froide de la partie sud-ouest du golfe montre que le front du 12 août se serait détaché de la côte pour migrer vers le large.

On peut remarquer sur l'image de nuit du 14 septembre (figure 6) la naissance d'instabilités du courant dans les secteurs 2 et 3. La masse d'eau froide du secteur 4 semble poursuivre sa migration vers le centre du golfe. Sur l'image de jour prise 12 heures plus tard, toujours le 14 septembre (figure 7), les zones d'instabilité du courant des secteurs 2 et 3 sont beaucoup plus étendues.

L'image du 11 octobre (figure 8) permet de constater que tout le système qui s'était mis en place durant les semaines précédentes a maintenant disparu et qu'il n'y a plus aucune trace de tourbillons ni de fronts. Le cycle a duré dans son ensemble environ 50 jours.

Sur l'image du 20 avril 1979 (figure 9), on aperçoit de nouveau un tourbillon dans le secteur 3 et un front de densité net dans le secteur 4. Contrairement à toutes les autres images, la température des eaux de surface de l'estuaire est plus chaude que celle des eaux du golfe à cause de la fonte tardive des glaces dans le golfe.

Ainsi, à l'aide de ces images, nous avons pu cartographier pour la première fois l'ensemble du schéma de circulation de l'estuaire maritime et d'une partie du golfe du Saint-Laurent ainsi que l'évolution de son système tourbillonnaire grâce aux images multitemporales.

Cette séquence d'images nous permet donc de bien visualiser la grande variabilité spatiale et temporelle du courant de surface dans l'estuaire. Elle permet aussi de mieux saisir la circulation interne de la masse dans son ensemble.

Un grand nombre de phénomènes extérieurs, tels que la construction de barrages hydro-électriques sur les rivières tributaires, peuvent influencer les conditions de circulation et les apports en eau douce, dans le contexte de la biologie marine, mais il ne nous appartient pas de les définir dans le cadre de cette étude.

D'une manière générale, l'image satellite est un outil précieux en océanographie physique par sa vision synoptique, par sa fréquence de couverture, par l'augmentation de la densité de l'échantillonnage et par sa vitesse de traitement. La télédétection et l'océanographie sont complémentaires pour l'étude des eaux du Saint-Laurent. La première apporte une couverture complète d'informations quasi instantanées tandis que la seconde fournit avec précision les paramètres ponctuels nécessaires à la calibration des images.

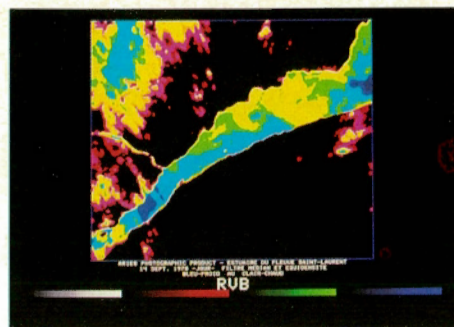


Figure 7 Image classifiée du 14 septembre 1978 (jour)

Classified image of September 14, 1978 (day)

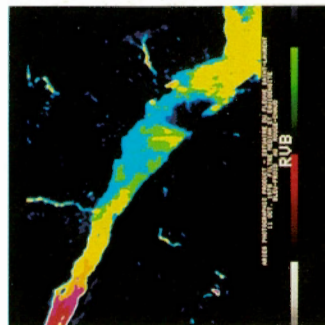


Figure 8 Image classifiée du 11 octobre 1978

Classified image of October 11, 1978

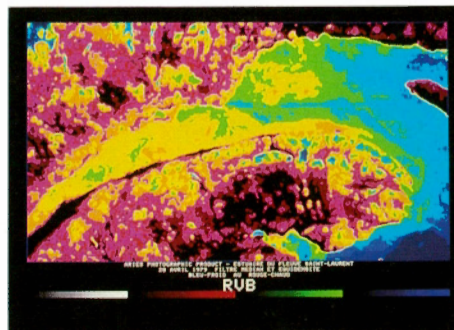


Figure 9 Image classifiée du 20 avril 1979

Classified image of April 20, 1979

This study covers one of the most productive marine resource regions in Canada: the estuary and Gulf of St. Lawrence. The authors have interpreted multi-temporal images produced by the Heat Capacity Mapping Mission (HCMM) satellite, using the spatial variations in surface temperature as parameters. For the first time, they have been able to map the flow pattern of the entire marine estuary and part of the Gulf, as well as changes in its system of vortices.

Knowledge of the dynamics of these waters and their impact on marine ecosystems can greatly influence biological productivity.

This article is also available in English.

# Changing the Shape of Canada



Leslie O'Brien received his Civil Engineering degree from McGill in 1950 and an MSc. degree in photogrammetry from Ohio State University in 1954. Colonel O'Brien was a technical staff officer with the NATO Military Survey in Germany in 1957 and became Director of Cartography of the Canadian Forces in 1969.

Retiring from the Canadian Forces in 1974, Colonel O'Brien became Dominion Geodesist with the Surveys and Mapping Branch of EMR where, as director of the Geodetic Survey of Canada, he is responsible for all federal geodetic operations.

by L.J. O'Brien



Later this year, the geodetic organizations of Canada and the United States will redefine the North American Datum, the reference to which all values of latitude and longitude on our continent are related. This change will be the culmination of an international project begun some 12 years ago (see also *Building a New Framework for North America*, GEOS, Spring 1980).

The need for the project began in the 1960s as electronic measuring instruments became available to surveyors, and reached a breaking point in the early 1970s when observations to orbiting satellites took hold as a routine method. With these powerful new tools, hitherto impractical accuracies of surveying became commonplace and the existing

North American Datum of 1927 could no longer provide the essential standard by which all surveys are related to one frame of reference.

Increasingly, some of the accuracy of work done by surveyors was lost in connecting to the geodetic reference system. This untenable state of affairs led to an agreement by all of the North American countries in 1973 that the old datum must be replaced by a new one based on modern standards.

A geodetic datum consists essentially of an adopted spheroid whose dimensions and alignment in space as closely as possible match those of the earth. Because the spheroid is a smooth geometrical figure, the positions of points on it can be computed readily in terms of coordinates (normally expressed as latitudes and longitudes) related to its geometry. Thus, survey measurements, made on the real earth to determine the positions of points, are actually used to compute coordinates of corresponding positions on the spheroid.

To facilitate this computation, surveyors connect their projects, by measurement, to geodetic monuments or reference points whose spheroid coordinates have been determined and published previously. Many thousands of such monuments are placed throughout Canada and more are needed for adequate coverage. In effect, as far as Canadian surveyors are concerned, these geodetic reference monuments serve as connectors to the North American Datum.

*Survey crew on Queen Elizabeth Islands in the Arctic*

*Équipe d'arpenteurs dans les îles Reine-Élisabeth dans l'Arctique*

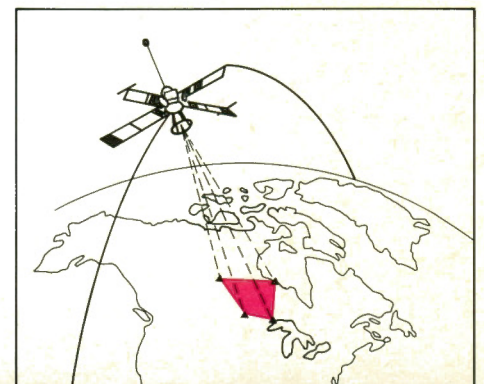
The spheroid adopted for the North American Datum of 1927 was spatially aligned at that time to give the best fit to the North American continent that was possible with the geodetic measurements available. The fitting was done by assuming as absolute the latitude, longitude and related values of one point in Kansas

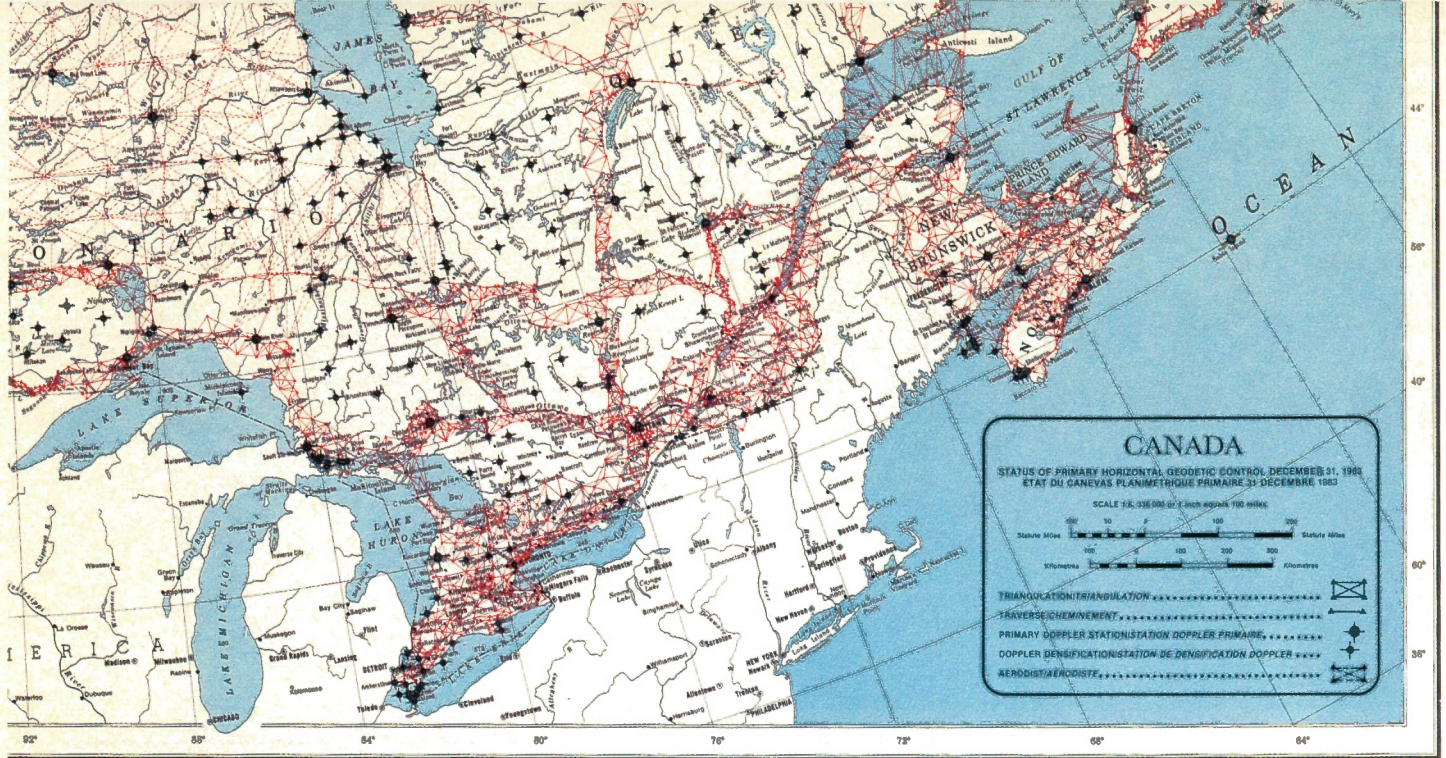
## *Doppler Satellite positioning*

*Satellite receivers are placed at selected locations and receive signals simultaneously from satellites whose orbits are known. From these signals, the positions of the receivers in relation to the earth's centre may be determined.*

## *Positionnement par satellite Doppler*

*Des satellites de réception se trouvent à des endroits déterminés et reçoivent simultanément les signaux d'autres satellites placés en orbite connue. Il est possible, à partir de ces signaux, de positionner les récepteurs par rapport au centre de la Terre.*





Section of map of Canada showing network of baseline locations

Portion d'une carte du Canada qui montre le réseau des positions de base

(which was close to being the centre of U.S. geodetic networks). Since then, all other geodetic positions on the continent have been based on the original assumption. This was conventional practice at the time. Each continent has its own unique datum with no continuity between them.

The problems experienced by modern surveyors in using the North American Datum of 1927 are twofold. First is the matter of inaccuracies — geodesists prefer to call them distortions — in the coordinates of the reference monuments. These arose unavoidably from the necessity of gradually extending geodetic networks into areas ever more remote from the initial point in Kansas and adjusting each new extension to fit values derived previously.

Obviously, this problem is especially severe in Canada, whose northern reaches are many thousands of kilometres distant from Kansas. The distortions are known today to be as great as 30 metres from true, a fact that caused little concern to surveyors using the methods of the past but becomes increasingly troublesome as the accuracy of the newer surveying methods increases.

The second problem caused by the 1927 datum is its lack of sympathy with the paths followed by the orbiting satellites used today for surveying. The spheroid of the datum, being positioned with reference to an adopted point on earth, is not

earth-centred. This means that the geometrical centre of the spheroid does not coincide with the centre of mass of the earth, the lack of coincidence being about 240 metres. On the other hand, the orbits of satellites are earth-centred and the natural datum for ground positions determined by satellite observations is thus also earth-centred.

As a result, satellite surveying has been hampered by the need to transform results from an earth-centred coordinate system to that of the non-earth-centred North American Datum. As the use of satellite surveying becomes ever more widespread and commonplace, so too does the extent of this handicap.

The new North American Datum, dubbed the NAD83, will correct both of these weaknesses. It will be earth-centred and the latitudes and longitudes of all basic geodetic reference points will have been converted to it with a distortion-free relative accuracy of 12 parts per million.

Achieving this change has been a major task. In Canada alone over one thousand satellite positions were needed to strengthen the network of existing geodetic surveys, and all of the surveys, dating back to 1909, had to be recomputed. The initial result, due later this year, will produce NAD83 values for a framework of 8000 reference points and these will be used to control the conversion of another 200 000 federal and provincial reference points over the next two years.

An interesting outcome of the change is that Canada, as represented by its geodetic datum, will be larger than before. The new values for reference points

express an expansion of our perimeter of up to 175 metres.

One wonders if the Geodetic Survey has inadvertently discovered the most genteel of all ways for increasing our national territory.

La fin de l'année 1985 marquera l'aboutissement du projet conjoint Canada — États-Unis qui a débuté 12 ans plus tôt. Sous l'appellation de la nouvelle compensation du système de référence nord-américain 1983 (NAD 83), il comprendra la réévaluation des réseaux géodésiques d'Amérique du Nord.

Depuis 1927, tous les réseaux géodésiques d'Amérique du Nord se référaient à un endroit du Kansas qui avait été choisi en raison de sa proximité du centre des réseaux géodésiques des États-Unis. Grâce au développement de techniques perfectionnées qui font appel à des satellites de positionnement géographique, les réseaux géodésiques d'Amérique du Nord pourront être réévalués par rapport à un système de référence global situé au centre de la Terre. L'auteur fait l'exposé des circonstances qui ont fait en sorte que le projet voit le jour et présente les avantages qui résulteront de sa réalisation.

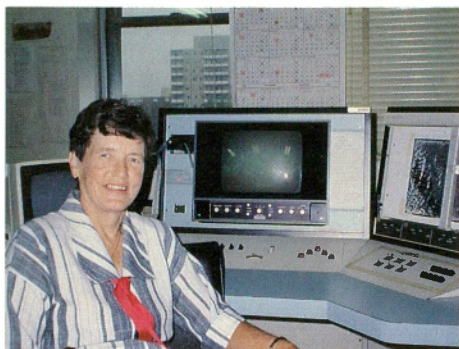
Cet article est aussi disponible en français.



# Under the Big Eye

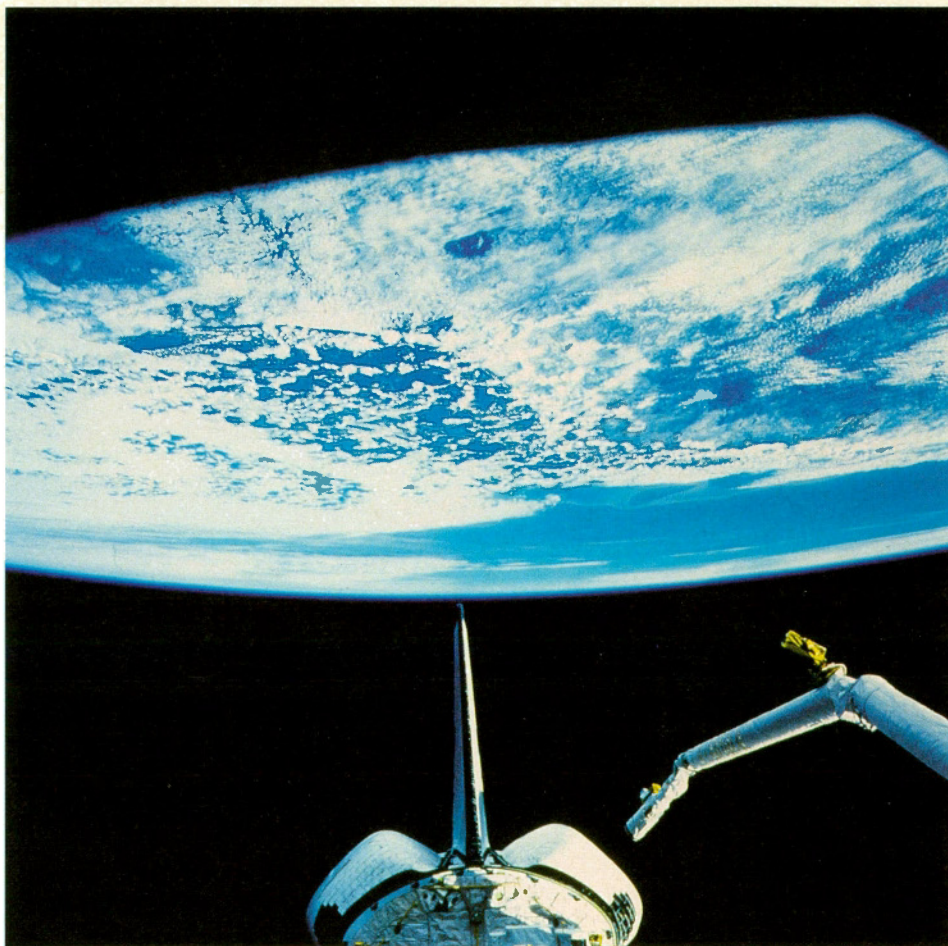
Photogrammetry maps the world

by Elizabeth Fleming



Elizabeth A. Fleming

Elizabeth Fleming is responsible for aerial photography and remote sensing standards and applications in Surveys and Mapping Branch's Topographical Survey Division, EMR. She did the preliminary work that resulted in Landsat imagery being used for revision mapping, and is currently assessing the role of large format camera photography for the production of digital elevation models.



A 1922 picture showing the town of Pelican Narrows in Saskatchewan is acknowledged to be the first aerial photograph used to produce a map by photogrammetric means. Taken by an Eastman aerial camera from an aircraft flying 3000 feet above the settlement, it shows not only the townsite but also 10 km<sup>2</sup> of surrounding forest and lakes.

Sixty-two years later, during the space mission that carried Canada's first astronaut, Marc Garneau, Pelican Narrows again figured in an historically significant photogrammetric image. This time it was photographed by NASA's large format camera, from the space shuttle cruising at an altitude of 245 km. In a fraction of a second, not only Pelican Narrows but 68 000 km<sup>2</sup> of surrounding territory were captured on high-resolution film in a single photograph.

Although Pelican Narrows hasn't changed much in the intervening years, photogrammetric photography and mapping techniques have moved into the space age. The significance of large format camera (LFC) photography to world mapping is perhaps best understood in the perspective of Canadian mapping experience.

Topographic map coverage of Canada at a scale of 1:250 000 was completed by

*Taken by Canadian astronaut Marc Garneau, this photo shows the large format camera in the cargo bay of the space shuttle. Between the clouds Clearwater Lake, Akimiski Island and James Bay can be seen.*

*Prise par Marc Garneau, cette photographie montre l'appareil de prise de vues grand format dans la soute de la navette spatiale. On peut voir à travers les nuages le lac Clearwater, l'île Akimiski et la baie James.*

1970, and today 1:50 000 topographic maps cover all but the most isolated parts of the country. This mapping has been achieved by the use of aerial photography and photogrammetry controlled by an extensive network of ground surveys. It has been a repetitive process, as each map edition improves on the previous one and reflects improving mapping technologies.

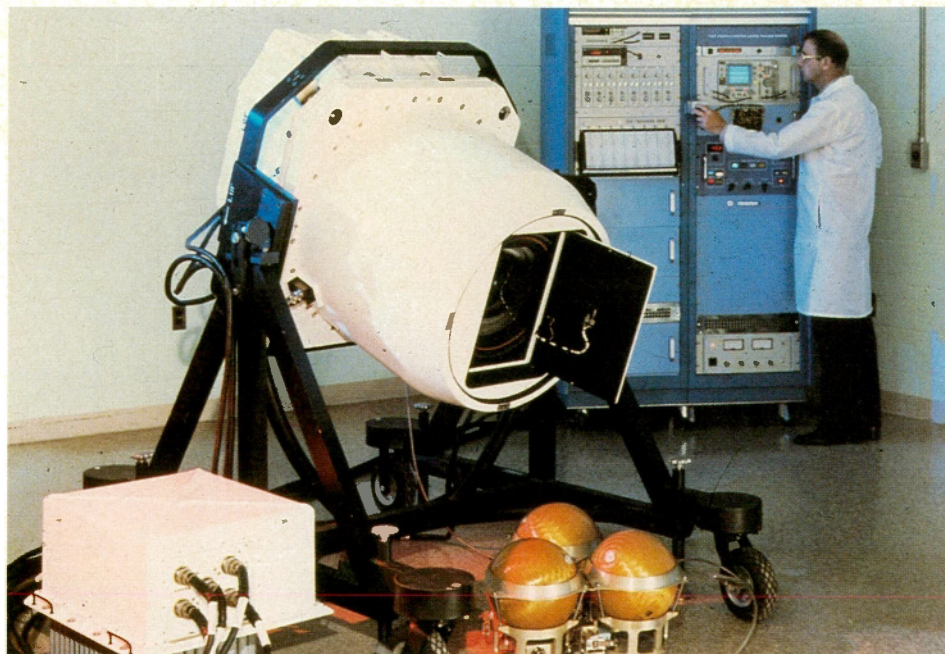
Early photographs over Pelican Narrows were used to produce a planimetric map of the area at a scale of 4 miles = 1 inch. But it wasn't until the third edition of this map in 1966 that the first fully contoured 1:250 000 topographic map of the area was issued. In the intervening years, a network of horizontal and vertical survey points had to be built up to serve as control for the high-altitude vertical aerial photography finally used in the mapping.

Establishing ground control in uninhabited areas, without road access, is difficult, time consuming and expensive. Canadian surveyors were no strangers to travel by canoe, pack horse, snowmobile, float plane and helicopter during the period of laying out this basic control for Canadian mapping. Long lines of sight were laboriously cut through forests, mountain peaks were climbed, and high observation towers were built to make angular and distance measurements. Only in recent years has Doppler satellite positioning made it possible to establish ground control points for large areas without traversing the intermediate distances.

Now, by using the precise geometry of photographs taken with photogrammetric cameras, surveyors can reduce the number of ground survey points required to cover an area. Mapping cameras have therefore been designed with a large picture size, low distortion and high-resolution wide-angle lenses, and very precise internal geometry. For 1:50 000 mapping in Canada, the standard aerial camera has a 90-degree field of view on a 23 cm<sup>2</sup> picture, and is flown at altitudes of between 7 and 12 km. Each picture covers up to 200 km<sup>2</sup>. NASA's prototype large format camera, on the other hand, takes a picture twice the size of the normal aerial camera and is built to operate at altitudes of from 200 to 400 km.

The efficiency of the LFC for mapping is derived from its combination of high resolution and wide fields of view, which, from shuttle altitudes, cover upwards of 55 000 km<sup>2</sup> in a single photograph. The number of ground control points required in mapping is thus greatly reduced. Auxiliary data necessary for photogrammetric processing using standard stereoscopic viewers and analytic plotting devices are provided by 57 calibration marks exposed on each photograph. Forward image motion compensation during exposure permits the use of slow, very fine-grained films, which, together with the high resolution of the lens, produce the most detailed imagery from space that has yet been available to civilian agencies. As with conventional aerial photography, full stereoscopic coverage of the ground is obtained by overlapping successive photographs by 60 to 80 per cent. Mappers predict that under optimum conditions, 25 m contouring will be possible with this photography.

According to a 1980 United Nations survey on the status of cartography, half of the world's land has not yet been mapped at the economically important scales of 1:100 000 and 1:50 000. LFC photography, which requires only one ground survey point each 500 to 1000 km, could, when combined with Doppler satellite



positioning for the establishment of such points, dramatically reduce the lengthy process of collecting the aerial and ground surveys needed to map such areas. If such a process had been possible at Pelican Narrows in 1922, the first edition topographic map could have been produced in 1929, instead of 1966, telescoping 37 years of mapping efforts!

For Canada, and for other countries where topographic maps are produced, the major challenge is to keep updating the available information. The United Nations survey reports that on a world-wide basis, only about one per cent of these topographic maps are revised each year. Thus a growing number of maps become obsolete and lose their value. LFC could not only provide basic mapping photography, it could also provide revision information for line maps in the 1:100 000 to 1:50 000 scale range. If it could not entirely alleviate the updating problem, it could at least reduce it to manageable proportions.

Imagery from space has been used in Canada for the revision of 1:250 000 maps for the past 10 years, and indeed the fourth edition of the Pelican Narrows map was revised using Landsat data. However, the resolution of the present Landsat systems is so low that revision is restricted to the remoter, forested areas of the country. The higher resolution offered by the LFC would make it possible to use space imagery for mapping all of Canada, thus making the 1:250 000 map series totally independent of the rate of revision of the 1:50 000 maps to which they are normally tied in the settled southern areas of the country. Although the 1:50 000 maps of these areas will still depend on aerial photography for revision

*Operator Charles Baker with the Gestalt Photo Mapper II. The camera is 1.3 m high and weighs 430 kg.*

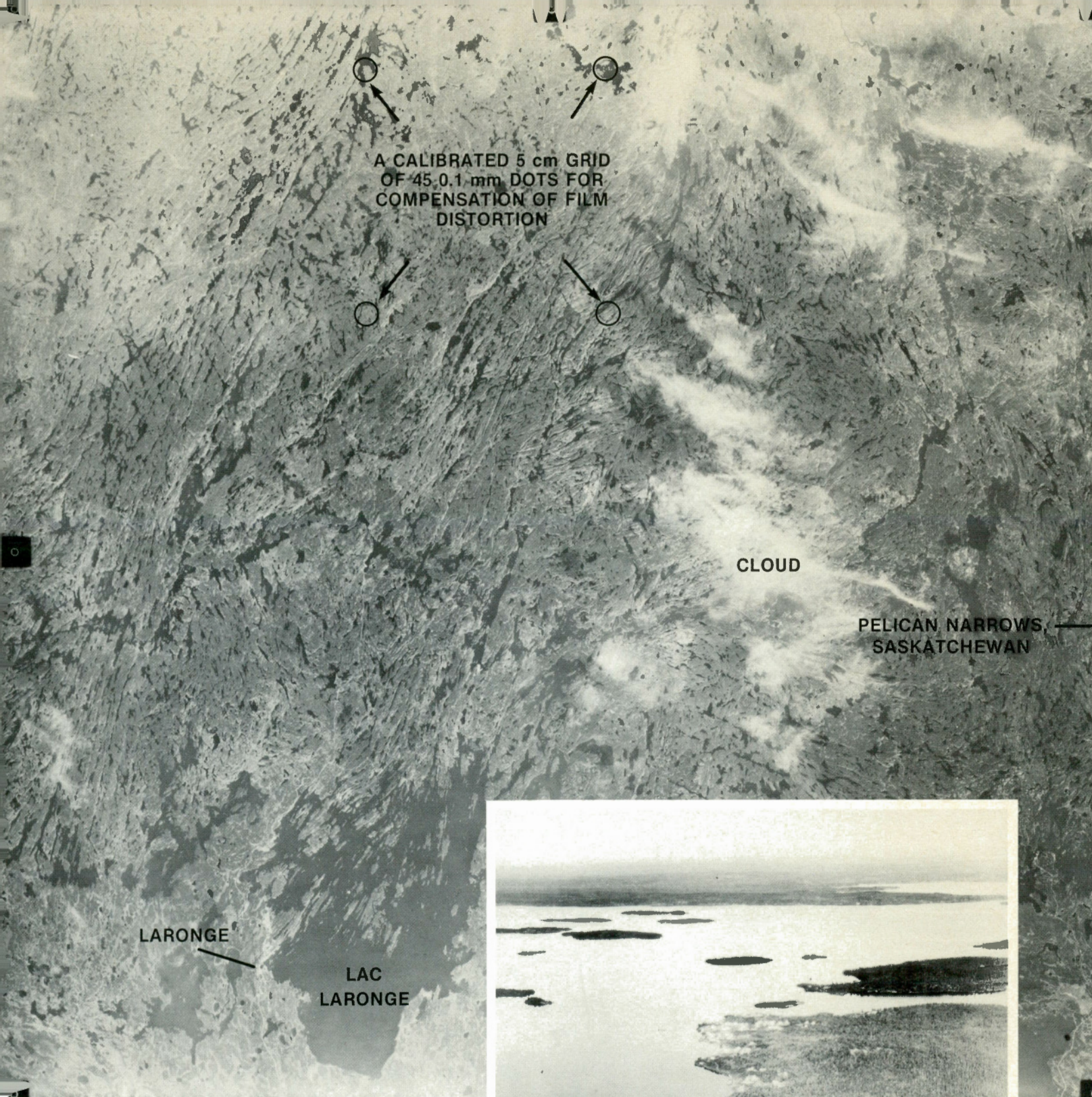
*M. Charles Baker travaillant sur l'appareil de prise de vues grand format. L'appareil mesure 1,3 m de hauteur et pèse 430 kg.*

information, this experimental LFC photography may show that more northerly 1:50 000 maps could be revised effectively with space photography.

Other imaging systems also hold promise for providing map information from space. These are the European Space Agency's metric camera and the SPOT satellite being launched by the Centre National d'Études Spatiales of France. The metric camera has operated on one shuttle mission, but unfortunately the launch date was in December 1983, too late in the year for good photography over Canada. SPOT will be launched on a sun-synchronous orbit later this year (see SPOT-1, page 1 of this issue) and will provide cyclic coverage, much like Landsat, but with much higher resolution and with a stereoscopic viewing option.

Multipurpose space missions such as the shuttle flight that carried the LFC and the metric camera are not an efficient method of obtaining remote sensing data, since one activity often conflicts with the operation of another. A camera mounted on a free-flying orbiting platform — one that could be launched and retrieved by the shuttle — could provide a real capability for acquiring comprehensive photography from space.

Dr. Fred Doyle of the U.S. Geological Survey has calculated that the cost of operating the LFC on a free-flyer for one



*Pelican Narrows and surrounding country as seen in 1984 by the large format camera.*

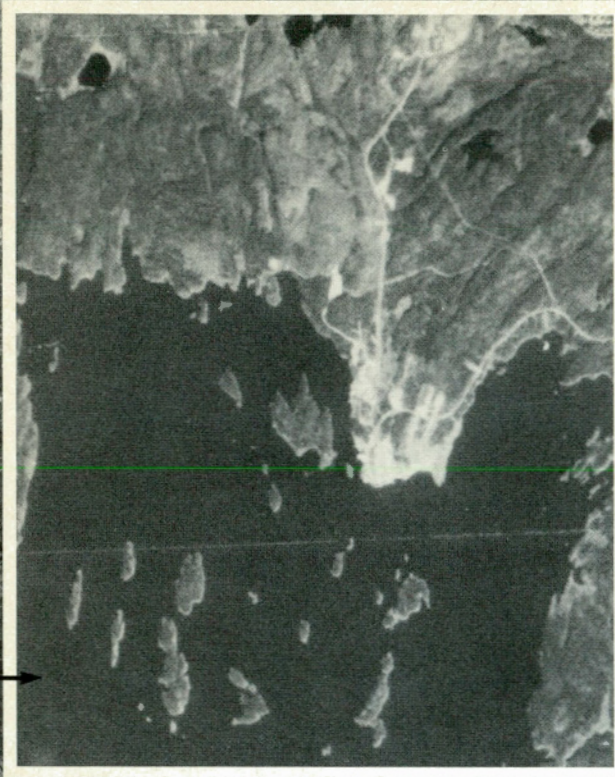
*Pelican Narrows et les environs tels que pris par l'appareil de prise de vues grand format en 1984.*



*The 1922 aerial photo of Pelican Narrows taken with an Eastman K-2 camera with a 30 cm focal length. Altitude 914.4 m.*

*Photo aérienne de Pelican Narrows prise en 1922 par l'appareil Eastman K-2 avec une distance focale de 30 cm. L'altitude était de 915 m.*

CALIBRATED  
FIDUCIAL MARKS



FLIN FLON

*Enlargement ( $\times 8$ ) of the 1984 aerial photo of Pelican Narrows taken by the LFC with a 30 cm focal length from a 245 km altitude.*

*Agrandissement (8 fois) de la photographie aérienne de Pelican Narrows, prise en 1984, par la caméra grand format avec une distance focale de 30 cm à une altitude de 245 km.*

month would be about three million dollars (1984), making the cost of useful stereoscopic coverage (allowing for losses due to cloud cover) about U.S. \$0.15/km<sup>2</sup>. This economical rate is only valid if extremely large areas are photographed, since the camera cannot be operated in a mode that would photograph only one country, or even one continent.

To design an effective mission, the requirements of many users around the world would have to be consolidated, and the individual user would, in the final analysis, have little control over the dates and circumstances of acquisition.

Technology by itself can go only so far in addressing the world's needs. The greatest challenge ahead lies in establishing the international cooperation needed to use this tool for the common good.

La cartographie par photographie aérienne a débuté au Canada par une photo oblique couvrant 10 km<sup>2</sup>, prise au-dessus de Pelican Narrows, Saskatchewan, en 1922. En 1984, le plus grand appareil de prise de vues photogrammétriques au monde, la caméra grand format de la NASA, a été utilisé lors d'un survol de la navette spatiale; une seule photographie de la région de Pelican Narrows couvrait 68 000 km<sup>2</sup>.

La grande couverture photographique de cette caméra, associée à sa haute résolution et à ses capacités de cartographie pourrait combler la plupart des lacunes que connaît la cartographie dans le monde au plan de la nouvelle cartographie et de la mise à jour des anciennes cartes.

En ce qui concerne le Canada, une couverture complète signifierait que toutes les cartes à 1/250 000 pourraient être révisées à partir de la photographie spatiale. Pour la grande partie de la surface de la Terre, qui n'est pas même cartographiée ni à 1/100 000 ni à 1/50 000, cette caméra de grand format constituerait un moyen des plus rapides et souvent des plus économiques d'obtenir des informations cartographiques. Cela ne peut se réaliser que si un certain nombre de pays coopèrent à la planification des missions spatiales multidisciplinaires bénéfiques à tous.

Cet article est aussi disponible en français.

---

*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 pour objectif d'accroître la découverte, la mise en valeur et l'utilisation des ressources minérales et énergétiques canadiennes. Il se propose également d'étendre nos connaissances relatives à la masse continentale du Canada, au bénéfice de tous les Canadiens. Pour réaliser cet objectif, le Ministère conçoit et favorise des politiques nationales fondées sur la recherche et la compilation de données dans le domaine des sciences de la Terre, des minéraux et des métaux, de même que sur des analyses sociales et économiques.*

---