

# numer image



Bulletin du centre de télédétection du québec

VOLUME 2 NO 4

FÉVRIER 1994

É D I T O R I A L



## LA TÉLÉDÉTECTION ET LA GÉOLOGIE

UNE MINE DE RENSEIGNEMENTS

Parmi les ressources naturelles situées sur le territoire québécois, la ressource géologique est à l'origine d'un champ d'activités économiques important. Parallèlement à l'exploration et à l'exploitation de cette ressource, sa cartographie a su profiter, au fil des ans, de l'avancement technologique sur le plan de la saisie des données et de la représentation de l'information. Au début des années 70, l'arrivée de la télédétection spatiale opérationnelle a entraîné des transformations dans les façons de faire en ce qui concerne les inventaires, incitant notamment les géologues à évaluer les images produites comme outil potentiel pour visualiser la ressource géologique sur de vastes territoires comme le Québec.

Les linéaments, les affleurements et les structures cassantes, indicateurs de sites potentiels de mise en place de gîtes minéraux, sont autant de caractéristiques qui apparaissent clairement sur les images. Quoique les images de télédétection présentent un intérêt indirect pour les géologues, puisqu'elles ne fournissent que des éléments de surface, elles sont pourtant fort utiles pour l'interprétation géologique. Les éléments topographiques sont visibles non seulement à l'échelle locale, mais également à l'échelle régionale, ce qui permet, par le fait même, de mettre en relation les éléments structuraux et d'établir les continuités entre les ensembles.

Dès 1984, le Centre de télédétection du Québec (CTQ) du ministère de l'Énergie et des Ressources (MER) et le MER-Secteur Mines ont entrepris conjointement différentes expériences portant sur l'utilisation des images de télédétection pour la cartographie structurale à l'échelle régionale dans les secteurs de Kangiqsuuaq (Rivière Georges), Schefferville, Chibougamau et de Akulivik (Cape Smith). Les différents traitements numériques appliqués aux images spatioportées LANDSAT MSS et TM visaient surtout à interpréter des linéaments par l'application de filtres directionnels et par la transformation en composantes principales.

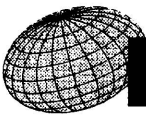
Par ailleurs, à partir de 1988, la télédétection s'est avérée un outil fort utile pour exécuter l'inventaire d'une autre ressource minérale que sont les tourbières dans le Québec septentrional. En général, la mise au point d'une méthode appuyée sur de l'imagerie spatioportée a permis une cartographie plus rapide et plus précise pour certains types de tourbières par rapport à la méthode utilisant la photographie aérienne.

Manifestant des besoins pour obtenir des images au contenu supérieur en information sur les structures, les géologues ont aussi exploré d'autres avenues, parmi lesquelles, le radar. Muni d'un capteur actif qui commande les paramètres d'illumination, notamment l'angle d'incidence, le système radar offre de nouvelles possibilités d'inter-

prétation et devient, par conséquent, un instrument d'avenir. Il est notamment avantageux pour sa pénétration du couvert nuageux et son indépendance par rapport aux conditions d'éclairement solaire. Sensibles à la rugosité de surface, les ondes radar fournissent des images différentes de celles qui sont issues des domaines spectraux du visible et du proche infrarouge. Les images radar, qui contiennent des caractéristiques topographiques accentuées par l'alternance de faces éclairées et de faces ombragées, représentent un apport indéniable en géologie.

Au cours des dernières années, le développement sur le plan du traitement numérique des données a permis aux utilisateurs d'intégrer de plus en plus, aux images de télédétection, des données géoscientifiques de plusieurs sources (géochimie, géophysique) et, dès lors, de raffiner l'interprétation pour améliorer ainsi la qualité de l'information utile. Ce numéro de Numerimage est centré sur trois applications récentes qui ont été réalisées au MER et qui ont permis d'exploiter, à des fins d'interprétation géologique les images de télédétection, des domaines spectraux visible-infrarouge et radar. En supplément, on y trouve une fiche technique traitant d'une méthode de calibration radiométrique multilatérale d'images Landsat et SPOT. ●

Clément Dubé  
Coordinateur par intérim du bulletin



# INTÉGRATION DE DONNÉES RADAR ET GÉOSCIENTIFIQUES

## UN NOUVEL OUTIL DE CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE ET D'EXPLORATION MINIÈRE

**P**our le géologue qui travaille à décrire et à illustrer la structure et la nature des différents matériaux, les images radar représentent un nouvel outil de travail et d'exploration. Toutefois, les études menées dans ce domaine demeurent relativement récentes et elles exigent d'approfondir les connaissances en ce qui concerne l'utilisation de ces nouveaux produits dans un cadre opérationnel.

Afin d'encourager l'utilisation des images radar et le développement de nouveaux produits d'intégration de données radar et géoscientifiques pour soutenir le travail de cartographie géologique et d'exploration minière, une étude a été menée par la firme MIR Télétection dans le secteur de la faille du Grand Pabos en Gaspésie. Parrainé conjointement par le Centre de télédétection du Québec (CTQ) et le Service géologique de Québec (SGQ), ce projet pilote faisait partie du Programme de développement des données radar (PDDR) mis sur pied par le Centre canadien de télédétection (CCT) afin de mettre au point l'application et l'exploitation des données du satellite canadien RADARSAT (voir bulletin Numerimage, vol. 1, no 2).

Cet article est un extrait du rapport final. Il résume la méthode mise au point dans le cadre de ce projet d'intégration d'images radar aéroportées à des images géoscientifiques de sources multiples et détermine les produits à valeur ajoutée jugés les plus utiles pour l'exploration minière et la cartographie géologique de ce secteur d'étude. Finalement, un bilan de l'expérience réalisée présente l'intérêt actuel et futur de ces produits pour l'avancement des connaissances géologiques et leurs utilisations au moment des levés de terrain.

### Les données utilisées et le processus d'intégration

Cinq catégories de données ont été utilisées pour le projet (voir tableau 1). Ces données proviennent des gouvernements provincial et fédéral. Le secteur de la faille du Grand Pabos de la péninsule gaspésienne a été retenu comme territoire pilote à cause de la diversité et de la qualité de l'information géoscientifique compilée. Il est constitué d'assemblages lithostratigraphiques d'âges variant du Précambrien au Carbonifère, affectés principalement par trois orogénèses, dans lesquels des indices d'or (Au), de cuivre-plomb-zinc-argent (Cu-Pb-Zn-Ag) et de nickel-chrome (Ni-Cr) sont observés.

Une base d'images géocodées a d'abord été produite à une résolution spatiale commune de 25 m et ce, pour six sources de données différentes : radar aéroporté, visible-infrarouge LANDSAT-TM, gradient magnétique vertical,

analyse de sédiments de ruisseau (Cu-Pb-Zn), géologie (contacts géologiques et failles) et altimétrie (isophyses numériques de la carte SNRC 1:250 000).

Divers traitements et rehaussements ont ensuite été appliqués sur chaque type de données afin de mettre en valeur les renseignements géologiques. Les images radar ont été corrigées pour la géométrie et la radiométrie (réduction du scintillement). Des fonctions d'étalements de contrastes linéaires et non linéaires ont été appliquées aux images radar, LANDSAT et géophysiques alors qu'un étalement segmenté en fonction des percentiles a été appliqué aux images géochimiques.

Finalement, des produits à valeur ajoutée ont été créés par la superposition des images rehaussées. L'image radar a été superposée à un composé coloré LANDSAT-TM, à une image couleur du gradient magnétique vertical et à une image couleur des trois paramètres géochimiques. Des transformations de type IHS (Intensité, Teinte, Saturation) et d'addition de bandes ont servi à la superposition des différentes images. Les données géologiques, quant à elles, ont été superposées sur chacun de ces produits.

La méthode d'intégration des images radar et géoscientifiques, appliquée dans cette étude, est totalement indépendante de la physiographie du territoire à l'étude. En d'autres termes, cette méthode est tout à fait exportable à d'autres secteurs où se trouvent des concentrations particulièrement élevées en minéraux de valeur économique, notamment en Gaspésie, en Abitibi, sur la Côte-Nord et dans la Fosse du Labrador. De plus, elle est aussi applicable à des images radar spatiales de type ERS-1 et J-ERS-1 qui couvrent une superficie beaucoup plus grande que les données aéroportées et ce, à un coût inférieur.

### L'utilité des produits

L'étude a démontré clairement l'utilité de l'image radar en géologie structurale. La possibilité d'avoir des directions de visée variables avec les images radar aéroportées fournit un portrait structural différent de celui des images LAND-

Tableau 1 Caractéristiques des données

CATÉGORIE	TYPE	CARACTÉRISTIQUES
Télétection	Radar	- source : fédéral - aéroportée - visée vers le sud - visée vers l'ouest - C-HH - résolution spatiale 7m X 15m - date d'acquisition 90-10-31
	LANDSAT-TM	- source : provincial - résolution spatiale 30m X 30m - date d'acquisition 91-06-18
Géophysique	Gradient magnétique vertical	- source : fédéral - aéroportée - 200m X 200m et 50m X 50m
Géochimie	Cu, Pb, Zn	- source : provincial - sédiments de ruisseau - maille irrégulière - 3,3 échantillons/km <sup>2</sup>
Cartographie	Élévation	- source : fédéral - orographie 1:250000 - format IGDS
Géologie	Contact géologique	- source : provincial - cartes 1:250 000 - format IGDS
	Faille	- source : provincial - cartes 1:50 000 - format IGDS
	Indice minéralisé	- source : provincial - format ASCII

Source : (1)

SAT ou SPOT dont les images sont toujours acquises selon une illumination du sud-est. En milieu végétal, l'image radar offre des renseignements sur l'arrangement spatial des formes, lequel permet l'interprétation de l'information géologique sous-jacente. À ce titre, elle peut être considérée comme une photographie aérienne numérique avec les avantages des images spatiales (éclairage uniforme, vue synoptique). De plus, son intégration à des images d'autres sources se traduit par une perception et une réflexion nouvelles sur les phénomènes géologiques en présence.

Cette étude a également démontré l'utilité des produits à valeur ajoutée pour une meilleure connaissance sur le plan géologique ainsi que pour l'évaluation du potentiel minéral. Deux produits ont été particulièrement appréciés : la superposition des images géochimiques à l'image radar<sup>2</sup> et la superposition de l'image du gradient magnétique vertical à l'image radar. Ils ont per-

mis d'illustrer clairement la relation entre les linéaments, les discontinuités magnétiques, les anomalies géochimiques et les indices minéralogiques connus, permettant ainsi de déterminer rapidement de nouvelles zones de reconnaissance géologique.



# LES TOURBIÈRES DU QUÉBEC SEPTENTRIONAL

## INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE

### Bilan de l'expérience et perspectives de développement

Du point de vue des utilisateurs, les produits mis au point lors de cette expérience présentent un intérêt certain pour l'avancement de la connaissance géologique du territoire québécois. Ainsi, les données radar sont beaucoup plus profitables dans des régions peu connues, où la collecte de renseignements nouveaux paraît nécessaire et où des données précises sont recherchées telles que la localisation de failles. Dans cette optique, des régions géologiques où les renseignements sur le territoire sont moins disponibles, comme le Supergroupe de Grenville, représentent des terrains d'exploitation propices pour ces produits.

Aussi, l'utilisation immédiate de ces nouveaux produits demeure axée sur les données radar uniquement, plutôt que sur l'intégration des données radar aux données géoscientifiques. Cette intégration sera beaucoup plus intéressante lorsque les produits seront accessibles sous forme de fichiers numériques et lorsque les utilisateurs pourront eux-mêmes manipuler les différentes planches d'information.

Les objectifs visés par cette étude, lesquels étaient de créer des produits à valeur ajoutée et de démontrer l'utilité des renseignements géologiques dérivés de ces produits, ont été pleinement atteints. Il s'agit d'une réussite technique très intéressante et, selon les usagers, il y a lieu de poursuivre les efforts pour mettre au point cette méthode et la rendre exportable vers des régions où la connaissance du territoire est réduite. D'ailleurs, la mise en valeur de produits intégrés tels qu'ils ont été créés dans ce projet a été reconnue comme un axe prioritaire de développement par le CCT, lequel coordonne le PDDR au Canada. Dans les prochaines années, beaucoup d'efforts seront déployés par le CCT dans le but de fournir aux utilisateurs des images radar géocodées et accentuées comme produits de base et aussi dans le but d'exploiter des stations de travail qui faciliteront l'intégration des ensembles de données géoscientifiques et de télédétection. ●

Mario Hinse  
Service des technologies à référence spatiale  
Ministère de l'Énergie et des Ressources

1. MIR Télédétection inc. Intégration et analyse de données radar et géoscientifiques, faille du Grand Pabos. Rapport final soumis au Service géologique de Québec, Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, 1992, 34 p. et cartes.

2. Intégration d'images radar et géochimiques ... vers de nouvelles cibles d'exploration - exemple du sud-est de la Gaspésie, PRO92-07. Document de promotion, Québec, Direction de l'exploration géologique et minérale, ministère de l'Énergie et des Ressources, 1992, 1p.

Le Québec possède d'immenses superficies de tourbières, soit environ onze millions d'hectares, dont dix millions sont situés au nord du 50<sup>e</sup> parallèle. Par leur nature et en raison de leur utilisation sur le plan industriel, les tourbières sont gérées par la Direction de la recherche géologique (DRG) du ministère de l'Énergie et des Ressources (MER). La cartographie de ces milieux et l'apport de connaissances qui en découlent répondent au mandat général de la DRG qui consiste à accumuler et à valoriser des données géoscientifiques portant sur le potentiel minéral du territoire québécois.

Depuis plusieurs décennies, la DRG poursuit un programme d'inventaire systématique des dépôts de tourbe du Québec. Les objectifs visés par ce programme consistent, notamment, à consolider ces inventaires, à assurer une meilleure gestion de la ressource-tourbe et à favoriser la création et le développement de nouvelles entreprises intéressées à l'exploitation et à la valorisation de cette ressource naturelle. Ce programme d'inventaire a déjà permis la cartographie de différents dépôts du Québec méridional (environ 300 000 ha) à des échelles régionales, permettant à la fois une caractérisation détaillée de la ressource et la localisation des sites les plus prometteurs. Or, l'état actuel des inventaires démontre qu'à court et moyen termes, les tourbières en exploitation du Bas-Saint-Laurent arriveront à l'épuisement de leurs réserves. On devra donc se tourner vers des régions plus éloignées et moins accessibles, comme celles de la Basse-Côte-Nord et de l'Abitibi.

En 1984, la DRG a entrepris la cartographie des dépôts situés au nord du 50<sup>e</sup> parallèle. Une contrainte importante devait cependant être prise en considération, c'est-à-dire le nombre élevé de documents à manipuler de même que les difficultés de transfert de renseignements lorsqu'il s'agissait de les reproduire. Ce problème a incité les responsables à intégrer aux travaux l'utilisation d'images spatiales.

### MÉTHODE

L'approche utilisée consiste à interpréter des images accentuées numériquement pour augmenter la discrimination entre les tourbières. En raison de sa grande résolution spectrale et spatiale, l'imagerie LANDSAT-TM a été retenue pour la mise en oeuvre du programme d'inventaire des tourbières du Québec septentrional. Le créneau optimal d'acquisition des images pour l'étude des tourbières se situe entre le 15 juillet et le 15 août. Il peut s'étendre, toutefois, sur ces deux mois au complet.

La méthode de traitement est basée sur l'algorithme de transformation en composantes principales (TCP) et sur l'utilisation de la table de couleurs de Taylor. Effectuée à partir d'un échantillonnage précis composé de tourbières et d'un peu de forêt, la TCP permet une décorrélation des données spectrales contenues dans les bandes du rouge (TM3), de l'infrarouge proche (TM4) et de l'infrarouge moyen (TM5). D'autre part, la table de couleurs de Taylor qui affecte la brillance au premier axe, les variations du rouge au vert au deuxième axe et les variations du bleu au jaune au troisième axe, permet une réduction des teintes et un meilleur contraste des couleurs.

De plus, les trois composantes principales sont étalées linéairement afin d'améliorer les contrastes aux endroits où se trouvent les tourbières. L'image finale est reproduite au moyen d'une photo-imprimante, sur négatifs couleurs à l'échelle 1:500 000 puis, elle est agrandie sur papier par tirage à l'échelle 1:50 000. L'interprétation de l'image ainsi accentuée se fait directement sur un film de la carte topographique 1:50 000, superposé à cette image. Cette interprétation fait appel aux éléments suivants:

- choix de sites de contrôle basé sur la densité et sur la diversité des tourbières à interpréter;

- utilisation de photos aériennes d'appoint à l'échelle 1:40 000 pour les sites retenus;
- utilisation des relevés de terrain faits sur les sites;
- utilisation de la carte topographique à l'échelle 1:50 000;
- utilisation de photos de terrain.

Une fois la reconnaissance des éléments à interpréter dans les sites de contrôle effectuée, l'interprétation de l'ensemble du territoire est terminée. On délimite alors les contours de toutes les unités de tourbières, sans égard aux différents types physiologiques.

Ensuite, il reste à catégoriser les différents types de tourbières. Cette activité se fait rapidement et de nombreux éléments, souvent difficiles à déterminer avec l'utilisation de photos aériennes traditionnelles, apparaissent de manière beaucoup plus évidente sur les images LANDSAT-TM. Ils deviennent donc plus faciles à reconnaître sur les images ainsi produites.

Au total, huit classes de tourbières ont pu être cartographiées en comptant les groupes intermédiaires. De plus, on remarque que l'ensemble des tourbières se découpe nettement du milieu environnant sans confusion possible.

La méthode d'accentuation numérique de l'image a été mise au point par le Centre québécois de coordination de la télédétection (CQCT), maintenant le Service des technologies à référence spatiale (STARS).

## ÉVALUATION DES RÉSULTATS

L'exploitation de cette nouvelle approche d'inventaire opérationnel répond à de nombreuses attentes. Utilisée comme outil de base pour l'inventaire des dépôts de tourbe au Québec depuis 1988, cette approche présente, entre autres avantages, les suivants :

- la cartographie des tourbières à l'échelle 1:50 000;
- la classification des types de tourbières en fonction du régime trophique minérotrophe — ombrotrophe (fen — bog) et des associations phytocécologiques;



- la rapidité et la précision des travaux d'interprétation ainsi exécutés;
- l'existence de nombreuses images LANDSAT-TM couvrant les territoires à forte densité de tourbières;
- une meilleure planification des travaux sur le terrain;
- la publication des résultats finaux sous une forme adaptée aux besoins de la clientèle;
- l'accélération de la diffusion des résultats;
- une plus grande liberté d'action pour le personnel affecté aux travaux exhaustifs pour lesquels il doit faire appel aux phases répétitives d'interprétation et de cartographie;
- la réduction du coût global des travaux d'inventaire.

Le succès de cette méthode tient, notamment, aux capacités du capteur LANDSAT-TM, particulièrement la bande de l'infrarouge moyen qui est très sensible aux gradients d'humidité.

L'information pertinente, relative à la différenciation des tourbières sur les bandes TM3, TM4 et TM5, lesquelles sont considérées comme étant optimales pour la végétation, est déjà exprimée à 80 p. 100 dans la dynamique des bandes brutes. Ainsi, pour obtenir la pleine mesure des données, une accentuation simple est suffisante : elle doit être orientée sur une décorrélation à partir d'un échantillonnage exhaustif des tourbières d'une région.

En définitive, les frais et les efforts liés au traitement d'une image en vue de permettre l'accentuation des emplacements des tourbières sont minimes, surtout si l'on considère l'étendue de ces milieux au Québec et leur relative inaccessibilité. Par ailleurs, les images accentuées pour reconnaître les tourbières sont suffisamment explicites pour que l'étape d'interprétation puisse être réalisée sans qu'il soit besoin de faire appel à des experts de la télédétection.

Nous croyons enfin que, avec un minimum d'ajustements, cette méthode pourrait être utilisée avantageusement pour la cartographie de l'ensemble des milieux humides du Québec (bogs, fens, marécages, marais, rivages, eaux peu profondes). Elle pourrait devenir ainsi un outil supplémentaire de gestion. ●

*Pierre Buteau, biologiste  
Responsable de l'inventaire des tourbières  
Direction de la recherche géologique  
Ministère de l'Énergie et des Ressources*

# ÉTUDES STRUCTURALES DANS LA RÉGION DE L'OUTAOUAIS

## À L'AIDE D'IMAGES RADAR SEASAT SPATIOPORTÉES ET ROS AÉROPORTÉES

En géologie, une des principales utilisations d'une image de télédétection consiste à reconnaître et à localiser les linéaments en vue de procéder, par la suite, à l'analyse structurale d'un territoire. Ces éléments géologiques se révèlent d'une grande importance puisque certains d'entre eux peuvent représenter des zones probables de minéralisation. Ils sont associés à l'expression en surface de failles, de zones de cisaillement, de fractures, de dykes, de plis, de contacts lithologiques, etc. Sur une image de télédétection, les linéaments se définissent comme étant des caractères linéaires ou curvilinéaires qui montrent une forte variation de réflectance ou de rétrodiffusion par rapport à leur environnement immédiat. Ils se traduisent par des variations topographiques qui sont

davantage rehaussées sur une image radar par l'effet d'ombrage occasionné par l'angle d'illumination qui n'est jamais au nadir.

C'est dans le cadre d'un projet visant à établir un nouveau concept d'interprétation structurale que le Service géologique de Québec (SGQ) a été amené à utiliser les données de télédétection. L'objectif de cette étude consiste à effectuer une cartographie détaillée des linéaments sur un ensemble du territoire dans l'Outaouais et la Gatineau (voir figure 1) qui couvre une grande étendue (200 km X 100 km), occupée par les roches métasédimentaires du Supergroupe de Grenville et les roches des complexes gneissiques (gneiss tonalitique, granodioritique, amphibolite, etc.). Les travaux ont été réalisés avec la collaboration

de Josée Lévesque (Centre géoscientifique, Ottawa-Carleton) et de Vernon Singhroy (Centre canadien de télédétection).

### Données utilisées

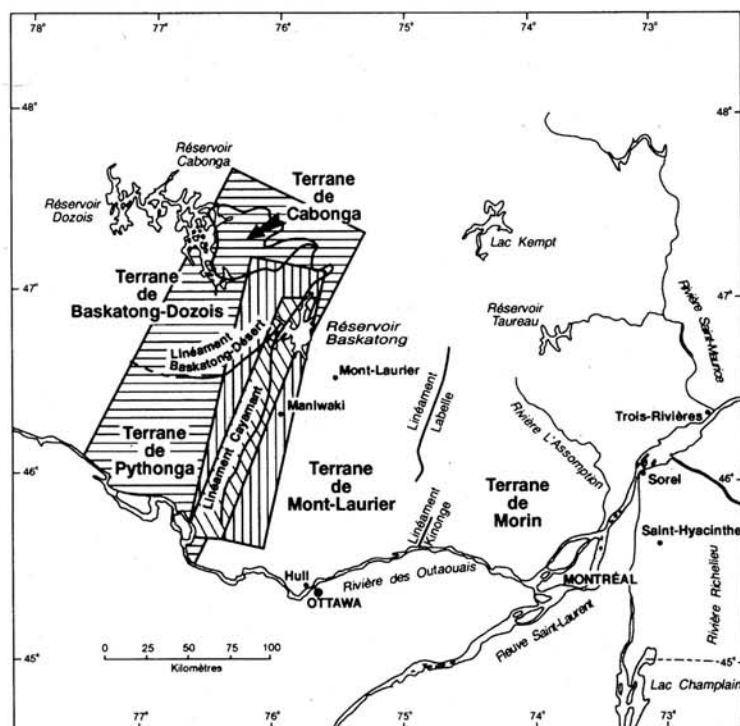
Le territoire à l'étude se situe dans la Province géologique de Grenville du Bouclier Canadien. Il englobe la bordure ouest du Bassin métasédimentaire de Mont-Laurier (Ceinture centrale des métasédiments)<sup>1</sup> en contact avec la bordure est des terrains de complexes gneissiques. Cette zone de contact se manifeste par un corridor de déformations très intenses, large de plusieurs kilomètres où se concentrent des zones de cisaillement et de mylonitisation.

Deux types d'image radar ont été utilisés, des images spatioportées SEASAT et des images ROS-C/X aéroportées (voir tableau 1). Dans les deux cas, le capteur se compose d'un système actif à ouverture synthétique qui émet sa propre énergie, contrairement aux systèmes passifs qui dépendent de l'éclairage solaire. Leur visée latérale favorise un rehaussement du relief en créant un effet d'ombrage sur les versants qui ne font pas face à la direction de visée. Les structures parallèles à la direction de vol sont donc accentuées de façon optimale, plus particulièrement avec les données aéroportées.

Les images SEASAT ont été obtenues par l'entremise du Centre canadien de télédétection (CCT). Lancé à une altitude de 800 km le 26 juin 1978, ce satellite n'a malheureusement été mis en exploitation que pour une centaine de jours jusqu'à ce qu'un court-circuit ne mette le capteur hors d'usage. Une partie des données recueillies durant ce court laps de temps couvrent la zone à l'étude, entre la rivière des Outaouais et le réservoir Cabonga. Cela représente approximativement un territoire de 200 kilomètres sur 100 kilomètres, à l'échelle 1:500 000.

Par ailleurs, dans le contexte du Programme de développement des données radar (PDDR), entrepris par le CCT pour favoriser l'expertise canadienne dans le

Figure 1 Localisation de la zone d'étude



- Interprétation des images radar-SEASAT, 1: 500 000
- Interprétation des images radar aéroportées, 1: 100 000
- Images LANDSAT-TM rehaussée, 1: 100 000

**Tableau 1 Paramètres d'acquisition des données**

PARAMETRE	SEASAT	ROS-C/X AÉROPORTÉ*
Bande spectrale	L (25 cm)	X (5cm) C (10 cm)
Résolution spatiale	25 m	6 m
Échelle	1 : 500 000	1 : 100 000
Polarisation	HH	HH
Portée	100 km	18 km

\* Nous signalons la collaboration des Drs V. Singhroy, R. Slaney et M. D. Graham du CCT pour la planification et la réalisation de ce survol.

développement d'applications et l'exploitation des données du futur satellite canadien RADARSAT, un survol aéroporté ROS-C/X a été effectué par le CCT, le 18 décembre 1989, pour couvrir la zone de contact et une partie des terranes de Mont-Laurier et des complexes gneissiques. Ceux-ci couvrent une distance d'environ 160 km le long de la ligne de vol parallèle aux structures dominantes (NNE), de sorte que, la direction de visée leur soit perpendiculaire.

### INTERPRÉTATION STRUCTURALE DES IMAGES

Les images utilisées n'ont subi aucun traitement numérique puisqu'elles présentent, dans leur état brut, une excellente définition des linéaments. Les images spatioportées SEASAT (voir figure 2) ont servi à réaliser l'interprétation à l'échelle régionale (1:500 000) alors que les images ROS-C/X aéroportées ont fourni un niveau plus élevé de détails (1:100 000) pour localiser les linéaments.

La méthode utilisée pour l'interprétation structurale des images radar est similaire à celle qui est utilisée pour l'interprétation des photographies aériennes. Il faut toutefois garder à l'esprit qu'il y a des différences en ce qui a trait à la formation et à la géométrie des images. Les rétrodiffusions obtenues de la surface terrestre dans la région spectrale des micro-ondes sont influencées par des paramètres différents de ceux de la réflexion dans le domaine du visible et du proche infrarouge. Plusieurs paramètres liés au système utilisé et au type de surface (rugosité) interagissent pour produire la rétrodiffusion des ondes radar et les signatures observées sur les images.

Un simple coup d'oeil sur les interprétations structurales obtenues à l'aide des images SEASAT (voir figure 3) et aéroportées, permet de voir la nette supériorité de l'imagerie radar sur l'imagerie multispectrale (LANDSAT-TM) pour fournir les ren-

seignements structuraux, aussi bien pour les structures ductiles que pour les structures cassantes. Même une image TM qui a subi un traitement numérique pour accentuer les linéaments ne parvient pas à égaler la définition et les détails qu'on peut obtenir sur les images radar.

Les structures ductiles interprétées à partir de l'image SEASAT montrent trois orientations dominantes:

- les structures NS à NNE au voisinage de la zone de contact;
- les structures NW très prononcées au nord de Fort-Coulonge, dans la partie sud du territoire;
- les structures NE bien remarquables immédiatement à l'ouest du réservoir Baskatong.

Nommée maintenant le **Linéament de Cayamant**<sup>2</sup>, la zone de contact est bien identifiable sur la presque totalité du territoire, à l'exception de la région du réservoir Baskatong où elle est peu évidente en raison de la présence de dépôts glaciaires et de la topographie plus atténuée.

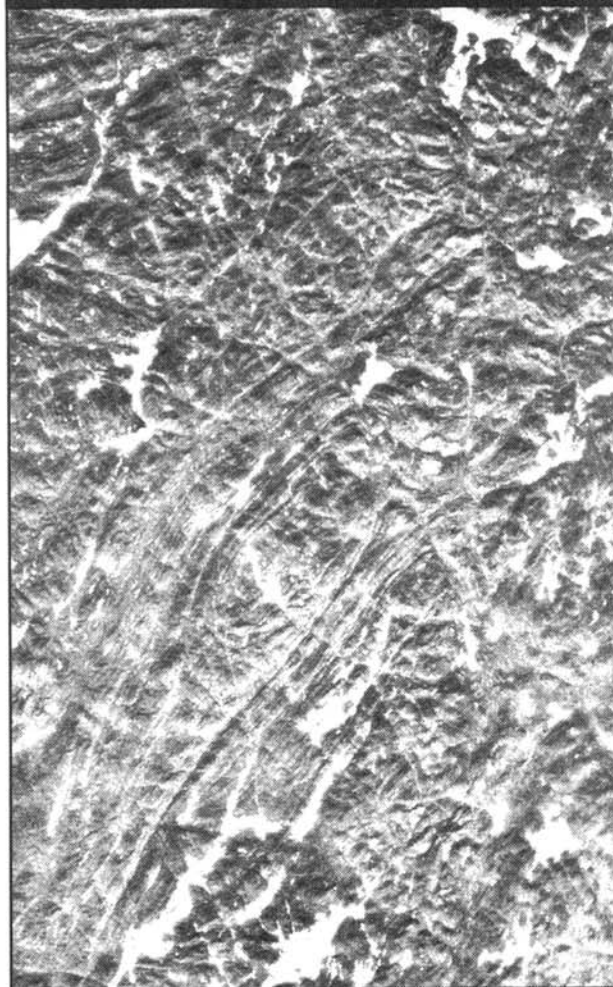
Parmi les structures ductiles, on peut également déterminer différentes structures circulaires à elliptiques, orientées NS, NW et NE. Dans la partie extrême nord du territoire, immédiatement à l'ouest du Linéament de Cayamant, on peut noter la présence d'un grand pli régional, avec un angle d'ouverture serré, et probablement des failles parallèles au plan axial orienté NNE. Dans la partie nord-ouest, le

Terrane de Cabonga<sup>3</sup> est également bien délimité. Les linéaments bien rectilignes et très prononcés, d'orientation NNE, visibles immédiatement à l'ouest du Réservoir Baskatong définissent une zone de plusieurs kilomètres de largeur. Nommée le **Linéament de Baskatong-Désert**<sup>2</sup>, cette zone de linéaments se dirige vers le SW au-delà du lac Désert où elle commence à s'incurver vers l'ouest.

### SIGNIFICATION DES LINÉAMENTS SUR LE PLAN GÉOLOGIQUE ET CONSÉQUENCES SUR LE PLAN ÉCONOMIQUE

L'interprétation structurale des images SEASAT spatioportées et ROS-C/X aéroportées confirme l'existence du «**Linéament de Cayamant**» à l'endroit exactement mentionné sur les cartes géologiques. Le Linéament de Cayamant représente différents éléments géologiques marquants. Plus particulièrement, il définit un corridor de déformation intense de plusieurs kilo-

**Figure 2 Une image SEASAT de la zone d'étude**



mètres de largeur résultant du chevauchement de l'empilement volcano-sédimentaire de la Ceinture centrale des métasédiments par-dessus les complexes gneissiques. À l'ouest du Linéament de Cayamant, le chevauchement a engendré une série de nappes étroites, aux flancs orientés vers le NW, qui sont évidentes sur les images SEASAT.

L'étude structurale des images SEASAT spatioportées et ROS aéroportées, suivie de travaux de terrain, a permis de définir un important corridor de déformation d'épaisseur kilométrique, le **Linéament de Baskatong Désert**, qui marque la subdivision du complexe gneissique en deux terranes, le Terrane de Baskatong - Dozois au nord, et le Terrane de Pythonga au sud du linéament. Les travaux radiométriques<sup>4</sup> montrent des âges modèles Sm/Nd archéens pour le Terrane de Baskatong - Dozois et des âges modèles protérozoïques pour le Terrane de Pythonga. Une telle différence d'environ mille millions d'années dans les âges modèles de ces deux terranes confirme l'importance du Linéament de Baskatong - Désert comme une structure importante dans la Province de Grenville.

Il est très à propos de signaler que les principaux éléments structuraux déterminés à l'aide d'images radar sont pratiquement superposables sur les patrons du magnétisme et de la gravité qui peuvent représenter un reflet proche de la lithologie.

Les zones de cisaillement-mylonitisation, correspondant aux linéaments majeurs, peuvent être accompagnées de minéralisations en sulfures. Conséquemment, elles ouvrent de tout nouveaux horizons pour l'exploration des substances métallifères dans la Province de Grenville.

L'interprétation d'images radar met également en évidence les structures cassantes liées au Graben d'Ottawa - Bonnechère. La fréquence de ces structures augmente en s'approchant de la rivière des Outaouais vers le sud. Une attention particulière devra être portée à toutes ces structures cassantes qui pourraient se révéler des sites privilégiés pour la mise en place de roches, telles que les kimberlites, lamproïtes, lamprophyres, carbonatites, diabases, etc., caractéristiques des cassures affectant les cratons archéens ou protérozoïques. Il est bien connu que les kimberlites peuvent renfermer du diamant si le contexte de leur mise en place a réuni toutes les conditions géologiques favorables.

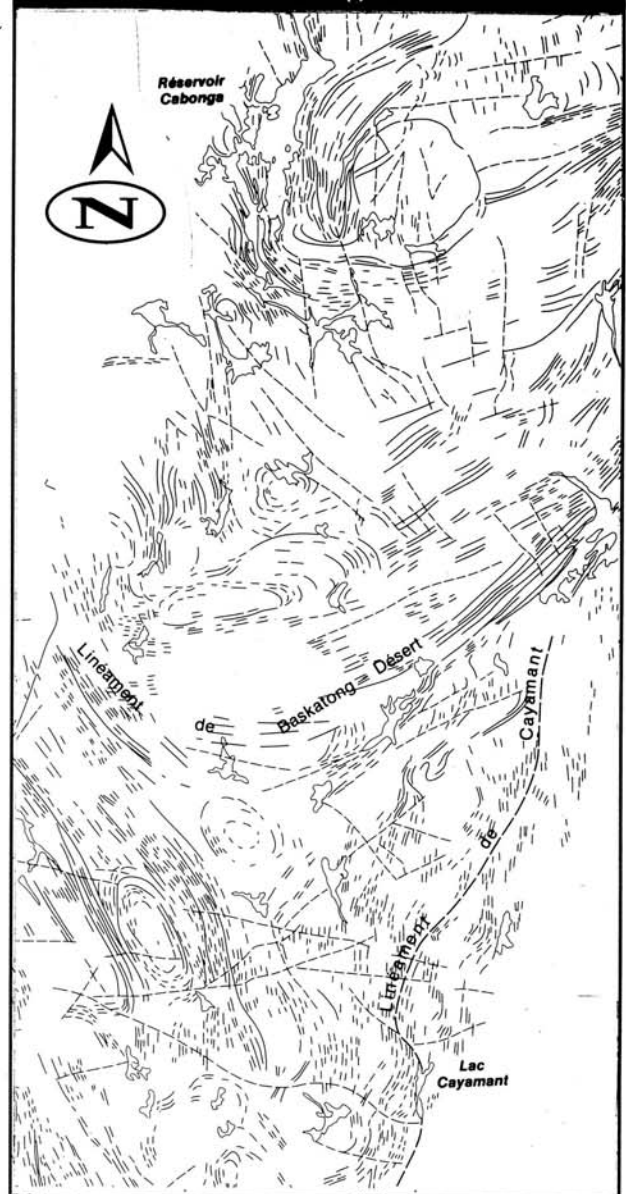
## CONCLUSION

Compte tenu de la grande superficie du territoire, l'application de la méthode traditionnelle de cartographie géologique nécessite beaucoup d'efforts sur le plan financier et sur le plan des ressources humaines, car elle doit être étalée sur de longues périodes. Afin d'accélérer l'acquisition de la connaissance géologique, il serait avantageux d'utiliser les techniques de télédétection. L'interprétation structurale des images radar, préalable aux travaux de terrain, a rendu possibles la détermination et la localisation d'importants corridors de déformation et diverses autres structures ductiles et cassantes, permettant ainsi d'établir des subdivisions tectoniques dans la région étudiée.

La plupart des structures déterminées à l'aide des images radar ne ressortent pas sur les cartes géologiques déjà publiées. Pour cette raison, il nous est difficile de se prononcer, sans faire appel à des observations de terrain supplémentaires, sur la nature et l'origine de certaines structures circulaires et elliptiques. De la même façon, il devient aussi important de confirmer par les travaux de terrain si certaines structures linéaires et curvilinéaires correspondent à d'importantes zones de cisaillement, de mylonitisation, de chevauchement ou d'extension, lesquelles pourraient représenter les corridors de déformation délimitant les terranes, domaines et sous-domaines tectoniques.

Les images radar intégrées à d'autres images et à d'autres données, par exemple des données aéromagnétiques, gravimétriques et géochimiques, constituent une avenue des plus prometteuses afin d'arriver rapidement à une ébauche de la carte géologique du territoire. Dans cette approche, il demeure toujours nécessaire d'effectuer une série de levés sur le terrain spécifiquement orientés sur les zones clés afin d'établir de nouvelles interprétations géologiques. ●

Figure 3 Portion de l'interprétation structurale des images SEASAT



**Légende:** — Structures ductiles  
 - - - Structures cassantes

Kamal N. M. Sharma  
 Service géologique de Québec  
 Ministère de l'Énergie et des Ressources

1. Wynne-Edwards, H.R. The Grenville Province. In variations in Tectonic Styles in Canada, publié par R.A. Price et R.J.W. Douglas, G.A.C. Special Paper no 11, 1972, p. 263-334.

2. Sharma, K.N.M., M. Hocq, J. Lévesque et M. Rive. Région de Grand-Remous-Maniwaki-Danford Lake, Observations structurales et importance économique, Excursion des Amis du Grenville au Québec, Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, 1993, MB93-50.

3. Rivers, T., J. Martignole, C.F. Gower et A. Davidson. «New Tectonic Divisions of the Grenville Province, Southeast Canadian Shield». *Tectonics*, vol.8, no 1, 1989, p. 63-84.

4. Guo, A. et A.P. Dickinson. Tectonic Significance of Nd Model Age Mapping in the Grenville Province of Western Québec. LITHOPROBE - Abitibi-Grenville-Transect. Rapport no 25, 1992.



## RÉORGANISATION ADMINISTRATIVE

**I**l est à noter que ce numéro de Numerimage est le dernier à paraître sous la bannière Centre de télédétection du Québec (CTQ). Depuis le 27 septembre 1993, les responsabilités et le rôle du CTQ ont été considérablement modifiés et élargis. Des mandats reliés à l'intégration de données de sources multiples et à la géomatique en général, sont dorénavant assumés en parallèle avec les fonctions de base en télédétection, et ceci à l'intérieur d'une nouvelle unité administra-

tive appelée Service des technologies à référence spatiale (STARS). L'équipe de télédétection peut être rejointe en s'adressant à cette nouvelle unité administrative qui a conservé les coordonnées du CTQ.

Depuis le 11 janvier 1994, le ministère de l'Énergie et des Ressources (MER) et le ministère des Forêts (MFO) auxquels réfèrent les textes du présent numéro, sont regroupés et forment dorénavant le ministère des Ressources naturelles (MRN).

## SPATIOCARTES FORESTIÈRES SYNTHÈSES UN PROJET D'ENVERGURE

**A**fin de mettre à jour les cartes forestières synthèses établies au cours des années 70, le ministère des Forêts (MFO) vient d'entreprendre un programme de production de spatio-cartes forestières synthèses à partir d'images spatioportées LANDSAT-TM. Ces images contiennent des renseignements sur les territoires et les forêts et, dans certains cas, un peu d'interprétation. Puisque la plupart des images utilisées datent de 1993, ces spatio-cartes permettront bientôt de disposer d'un outil de planification à jour aux fins de la gestion forestière (utilisation, conservation, découpage des contrats d'approvisionnement et d'aménagement forestier, etc.) d'abord pour le MFO, mais également pour les unités de gestion et les industries

forestières. Sur ces cartes, il sera possible de visualiser rapidement les grands massifs forestiers, les interventions ainsi que certaines composantes territoriales préalablement numérisées comme les unités de gestion et les aires communes. D'une dimension de 325 000 km<sup>2</sup>, le territoire cartographié, qui se situe principalement en forêt résineuse, couvre la Gaspésie, l'Abitibi, une partie de la Côte-Nord et les régions entourant les lacs Mistassini et Saint-Jean. Les copies lithographiées seront disponibles à compter d'avril 1994 à l'échelle 1:250 000 et distribuées par unité de gestion. Ces travaux importants sont actuellement exécutés par deux firmes spécialisées en télédétection et en cartographie forestière.

## ÉVÉNEMENT D'INTÉRÊT

**D**e concert avec le Département des Sciences géodésiques et de télédétection de l'Université Laval, l'Association québécoise de télédétection (AQT) organise une deuxième journée thématique intitulée Télédétection à haute résolution spatiale : données et applications. Le programme d'activités de formation continue s'adresse à toute personne intéressée par les récents développements dans le domaine de la télédétection à haute résolution spatiale. L'objectif général des conférences et des ateliers est de familiariser les personnes participantes aux données MEIS, CASI, STAR (ROS), à la vidéographie et aux caméras

numériques, etc., et plus particulièrement, aux perspectives de leur utilisation dans les projets opérationnels de télédétection.

Cette activité se tiendra le 15 avril 1994 au pavillon La Laurentienne de l'Université Laval, à Sainte-Foy (Québec). Pour plus amples renseignements, veuillez communiquer avec :

M. Jean Benoît Caron  
Téléphone : (418) 656-3202  
Télécopieur : (418) 656-5538  
M. Alain Viau  
Téléphone : (418) 656-2072  
Télécopieur : (418) 656-7411



NUMERIMAGE est publié par le Centre de télédétection du Québec du ministère de l'Énergie et des Ressources. Il est distribué gratuitement sur demande.

Le comité de rédaction du bulletin NUMERIMAGE invite les lecteurs à lui faire parvenir des commentaires et des suggestions. Les organismes gouvernementaux et paragouvernementaux sont également invités à soumettre leurs projets d'articles à l'adresse suivante:

Bulletin NUMERIMAGE  
a/s de Chantal Seuthé  
Centre de télédétection du Québec  
Ministère de l'Énergie et des Ressources  
1995, boul. Charest Ouest  
Sainte-Foy (Québec) G1N 4H9  
Téléphone: (418) 643-2167  
Télécopieur: (418) 644-4935

Le comité de rédaction se réserve toutefois le droit d'accepter, de modifier ou de refuser les articles transmis.

Équipe de rédaction  
Clément Dubé, ministère de l'Énergie et des Ressources  
Chantale Gagnon, ministère de l'Énergie et des Ressources  
Serge Bélanger, ministère des Transports  
Marc Deblois, ministère de l'Énergie et des Ressources

Révision et production  
Direction des communications  
Ministère de l'Énergie et des Ressources

Graphisme  
Erik Allard

Photographies:  
Service géologique de Québec,  
Ministère de l'Énergie et des Ressources  
Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche

Abonnement  
Renseignements  
Direction des communications  
Ministère de l'Énergie et des Ressources  
Téléphone: (418) 646-2727  
Sans frais: 1-800-463-4558  
Télécopieur: (418) 643-0720

Dépôt légal-  
Bibliothèque nationale du Québec, 1994  
Bibliothèque nationale du Canada  
ISSN: 1188-8954 RN 94-2002

