

NUMERIMAGE

Les activités de télédétection
au gouvernement du Québec

BULLETIN D'INFORMATION QUADRIMESTRIEL PUBLIÉ PAR LE SERVICE DES TECHNOLOGIES À RÉFÉRENCE SPATIALE

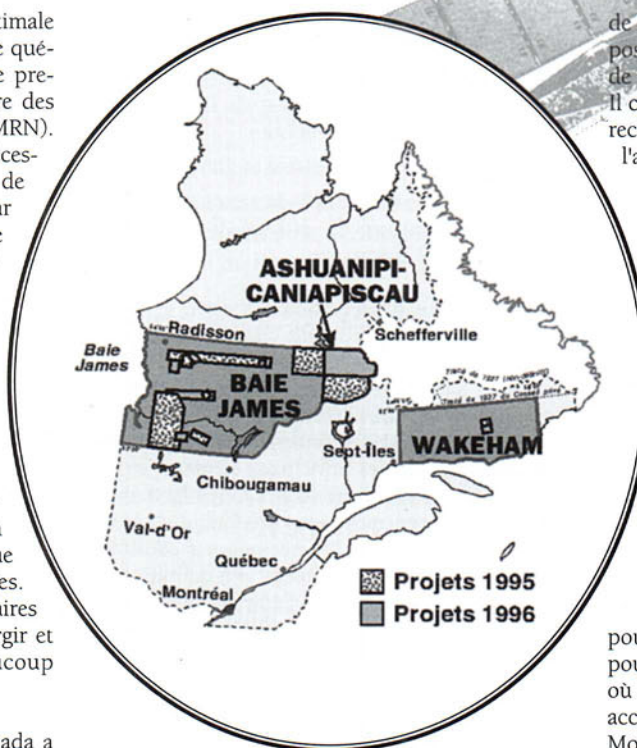
VOLUME 5 N° 1, JUIN 1996

L'EXPLORATION MINIÈRE À L'ÈRE DES SATELLITES

La mise en valeur et l'utilisation optimale de la ressource minière du territoire québécois constituent des objectifs de première importance pour le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN). Ainsi, la poursuite de tels objectifs passe nécessairement par une meilleure connaissance de la ressource minière et, de plus en plus, par l'intégration de nouvelles technologies de pointe, afin de mieux cibler les sites à explorer et de planifier efficacement les relevés. Parmi ces technologies, la télédétection satellitaire se révèle un outil tout à fait approprié et éprouvé.

Les images satellitaires mettent en évidence divers phénomènes géologiques et structuraux, ainsi que leur organisation spatiale. Intégrées à d'autres données géoscientifiques, les données de télédétection permettent de dresser un portrait géologique inédit pour les régions encore inexploitées. Par ailleurs, l'éventail des données satellitaires accessibles sur le marché ne cesse de s'élargir et les méthodes de traitement se sont beaucoup améliorées, ces dernières années.

Dans la même foulée d'activités, le Canada a lancé tout dernièrement un satellite radar, Radarsat. Le mouvement se poursuivra dans les prochaines années puisqu'on annonce déjà, pour 1997, le lancement de capteurs de très haute résolution spatiale mesurant de un à quatre mètres. Les possibilités offertes par les différents types d'images deviendront immenses et répondront de plus en plus aux besoins particuliers des usagers.



Pour illustrer concrètement l'application de la télédétection dans les travaux d'exploration minière au MRN, nous présentons deux textes qui font état de son utilisation. Tous les travaux entrepris s'inscrivent dans le cadre du Programme d'exploration minière du Moyen-Nord. Mis sur pied en 1994, cet important programme a reçu, dès l'année suivante, une enveloppe additionnelle

de la part du gouvernement du Québec ; il dispose présentement d'un budget de 13,5 millions de dollars répartis sur une période de quatre ans. Il comporte deux volets : le premier est axé sur la recherche géoscientifique et le second porte sur l'assistance financière aux entreprises minières.

Depuis le début du programme, quatorze projets de recherche géoscientifique ont été entrepris afin d'accroître les connaissances sur le potentiel minéral du Moyen-Nord québécois, vaste territoire de plus de 300 000 km², encore pratiquement inexploité. Les interventions du Ministère doivent être bien ciblées afin d'en tirer le meilleur parti possible. À l'étape de la planification, il devient donc primordial d'intégrer au maximum l'information existante. Dans ce sens, les images fournies par les satellites d'observation de la Terre sont très pertinentes.

Les résultats de ces travaux seront précieux pour l'élaboration de stratégies d'exploration et pour le choix des sites à explorer. Au moment où la concurrence internationale s'est fortement accrue, le programme d'exploration minière du Moyen-Nord permettra de maintenir la place du Québec sur l'échiquier mondial et d'assurer la pérennité de son industrie minière.

Mario Hinse
Coordonnateur du bulletin NUMERIMAGE
en collaboration avec
Alain Simard
Chef du Service géologique de Québec
Ministère des Ressources naturelles



LA RECHERCHE GÉOSCIENTIFIQUE S'ALLIE À LA TÉLÉDÉTECTION

Au ministère des Ressources naturelles (MRN), la recherche géoscientifique a pour but l'acquisition de nouvelles données géologiques qui permettront de mettre en évidence le potentiel minéral de la masse rocheuse du territoire québécois. Il se trouve sur ce territoire de vastes régions qui, à ce jour, demeurent pratiquement inexplorées et dont le sous-sol peut recéler un potentiel minéral important. La connaissance de ces régions sur le plan géoscientifique se limite essentiellement à des cartes géologiques préliminaires (échelle 1/1 000 000) datant des années 1950 et 1960, à des levés aéromagnétiques et gravimétriques et, parfois, à des levés géochimiques. Cette situation présente un défi de taille en ce qui concerne la mise en valeur des ressources minières d'un aussi vaste territoire.

La télédétection spatiale constitue un outil de recherche et d'exploration efficace et ce, avant même d'entreprendre des travaux sur le terrain. L'intégration des données existantes aux images de télédétection permet de mieux interpréter l'information structurale, d'augmenter la qualité de l'information géologique compilée et de cibler avec le plus de précision les interventions sur le terrain. Dans cette optique d'une approche intégrée, de nouvelles connaissances géoscientifiques sur plus de 50 000 km² en plein coeur du territoire québécois ont été acquises.

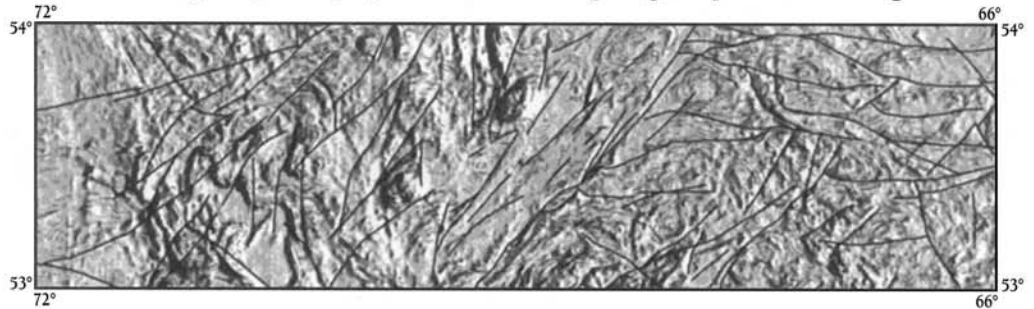
Dans le cadre du *Programme d'exploration minière du Moyen-Nord*, des images satellites LANDSAT-TM ont été utilisées pour un projet de cartographie à l'échelle de 1/250 000 couvrant plus de 50 000 km² dans la région d'Ashuanipi-Caniapiscau, au nord-ouest de la ville de Fermont. L'objectif principal du projet consiste à mettre en évidence les contextes géologiques qui sont les plus favorables à la découverte de gros dépôts métallifères. La première phase de l'étude consiste en l'analyse de la géologie structurale à partir de cartes aéromagnétiques et d'images satellitaires permettant d'établir, entre autres choses, de grandes subdivisions tectoniques. Ensuite, certains éléments structuraux sont confrontés aux anomalies géochimiques.

Les résultats de ces travaux serviront de tremplin à la deuxième phase de l'étude qui comportera une campagne de levés géologiques sur le terrain à l'été 1996. Cet article fait état de certains procédés, de produits et de découvertes qui découlent de la première phase de ces travaux de recherche.

L'intégration des données de sources multiples : une piste à suivre



Une mosaïque de cinq composés colorés de LANDSAT-TM à l'échelle 1/250 000 a été utilisée dans une approche intégrée, c'est-à-dire en

Figure 1. Interprétation structurale des images satellites LANDSAT-5 TM et des cartes aéromagnétiques superposées sur le champ magnétique total ombragé



Cette image intégrée illustre le rapport qui existe entre la structure et le magnétisme de la masse rocheuse dans la région d'Ashuanipi-Caniapiscau au nord-ouest de la ville de Fermont. On peut y reconnaître d'importants couloirs de déformation qui séparent des grands domaines tectoniques possédant des signatures magnétiques et des patrons structuraux distincts. L'image a été utilisée en complément à des données géochimiques pour identifier certains contextes géologiques pouvant constituer des cibles d'exploration minière.

Linéaments topographiques et aéromagnétiques

-  Structures ductiles (foliation)
-  Structures cassantes (failles)

conjonction avec d'autres documents tels que les documents relatifs à :

- la géologie : une cartographie de reconnaissance à l'échelle 1/1 000 000 et de l'information sur les échantillons de roches ;
- la géophysique : magnétisme et gravimétrie ;
- la géochimie : sous forme de cartes donnant la teneur chimique de différents éléments, comme l'or, l'argent, etc.

Le processus d'intégration a consisté à superposer des cartes couleurs du champ magnétique sur la mosaïque d'images LANDSAT-TM. L'utilisation en simultané de ces planches d'information apporte un nouvel éclairage sur l'interprétation structurale, car elle procure une image fidèle et quasi complète des principaux éléments structuraux. La combinaison de structures favorables avec de fortes concentrations géochimiques associées à certaines unités lithotectoniques constitue une cible d'exploration minière. En définitive, la concordance entre tous ces éléments a des répercussions importantes pour le suivi sur les plans géologique et métallogénique.

Les éléments d'analyse : vers la découverte de nouveaux indices

L'analyse intégrée des documents fournit deux types de renseignements d'intérêt particulier, soit une interprétation structurale et tectonique, soit une évaluation préliminaire des contextes géologiques et leurs associations métallogéniques potentielles. Ces renseignements serviront à la planification stratégique des programmes de cartographie géologique d'exploration minière sur le terrain, laquelle constitue la deuxième phase des travaux.

L'interprétation structurale fournit des renseignements sur la localisation et l'orientation des structures ductiles et cassantes, tout en donnant un aperçu général du style de la déformation (figure 1). De plus, la reconnaissance d'importants couloirs de déformation intense, séparant de grands domaines géomagnétiques, permet d'établir des subdivisions tectoniques.

Dans la région d'Ashuanipi-Caniapiscau, on reconnaît, entre autres choses, une zone de déformation ductile-cassante, d'au moins 10 km de largeur, qui traverse la région dans une direction nord-est (figure 1). Cette structure de première importance marque la bordure entre deux domaines tectoniques possédant des patrons structuraux et des signatures magnétiques distinctes. Divers contextes géologiques sont dévoilés par le rapport qui existe entre la structure interprétée et les anomalies géochimiques. Notamment, une bande de linéaments rectilignes, associée à une signature magnétique de densité moyenne et à des anomalies en éléments tels que le cuivre, le plomb, le zinc, le nickel, le chrome et le cobalt, laisse présager l'existence d'une ceinture de roches sédimentaires et/ou volcaniques pouvant renfermer divers types de minéralisations.

En plus de contribuer à une meilleure compréhension de la géologie générale, les résultats de l'utilisation de la télédétection en combinaison avec les renseignements sur les plans magnétique et géochimique ont mené à la découverte de nouvelles cibles d'exploration. Il y a lieu de signaler la présence d'une anomalie multi-éléments (Zn, Ag, Mo, U, Ce, Y) en bordure d'une zone de cisaillement, mise en évidence par une série de linéaments topographiques et magnétiques striés.

Aussi une intrusion granitique semi-circulaire de haute intensité magnétique se superpose-t-elle à cette anomalie géochimique. L'alignement de diverses anomalies ponctuelles en cuivre concorde, également, avec cette même zone de cisaillement. Ailleurs, on note des teneurs anormales en cuivre, zinc, plomb, nickel, or et argent, soit en périphérie à des granitoïdes, soit en concordance avec des ceintures volcano-sédimentaires. Bref, toutes les relations entre ces données de différentes sources incitent à des réflexions nouvelles sur les phénomènes géologiques en présence.

Ces renseignements fournissent aux explorateurs des modèles pour orienter leurs stratégies d'exploration dans les secteurs les plus prometteurs. Les modèles proposés peuvent mener à la

découverte d'indices minéralisés, ce qui, éventuellement, pourrait engendrer des retombées économiques significatives liées à l'exploitation minière.

Vers la recherche géoscientifique d'avenir

La récente mise en orbite du satellite canadien RADARSAT suscite un grand intérêt pour la recherche et l'exploration minière, car les images radar semblent prometteuses en ce qui concerne l'information structurale. Toutefois, peu importe le type de capteur, la télédétection a sa place dans les travaux d'analyse et d'interprétation géoscientifique en prévision des campagnes de cartographie géologique et d'exploration minière sur le terrain ou, encore, en parallèle avec celles-ci.

L'instauration récente du Système d'information géominère (SIGÉOM) servant à la gestion et à la diffusion de l'information géoscientifique offre de nouvelles possibilités pour la conversion et l'intégration des données de différentes sources, jusque là encore inexploitées. Le développement prochain d'un système d'évaluation (analyse spatiale) pour cette banque de données permettra de tirer profit au maximum du SIGÉOM. Cette technologie favorisera le processus numérique d'intégration et d'analyse des ensembles de données géoscientifiques et de télédétection.

Alain D. Leclair, géologue de projet
Centre d'études sur les ressources minérales
Université du Québec à Chicoutimi
Service géologique de Québec
Ministère des Ressources naturelles



LA TÉLÉDÉTECTION : UNE TECHNOLOGIE DE POINTE UTILISÉE EN EXPLORATION MINÉRALE

Une découverte colossale

L'important gisement « Olympic Dam », situé dans le sud de l'Australie, a été découvert en 1975, en grande partie au moyen des méthodes indirectes d'exploration, comme la télédétection et la géophysique. Ses réserves sont estimées à plus de deux milliards de tonnes de minerais contenant des concentrations élevées de cuivre, d'oxyde d'uranium, d'or et d'argent. On y trouve aussi des concentrations importantes de fluor, de baryum et d'éléments de terres rares. Ce type de minéralisation constitue une cible de premier choix pour l'industrie minière. Le succès remporté avec « l'Olympic Dam » confirme l'efficacité de ces méthodes indirectes d'exploration minière.

Le potentiel minéral du Moyen-Nord québécois

En 1994, le ministère des Ressources naturelles a entrepris un important programme de recherche géoscientifique, le Programme d'exploration minière du Moyen-Nord, qui s'appuie sur divers projets de

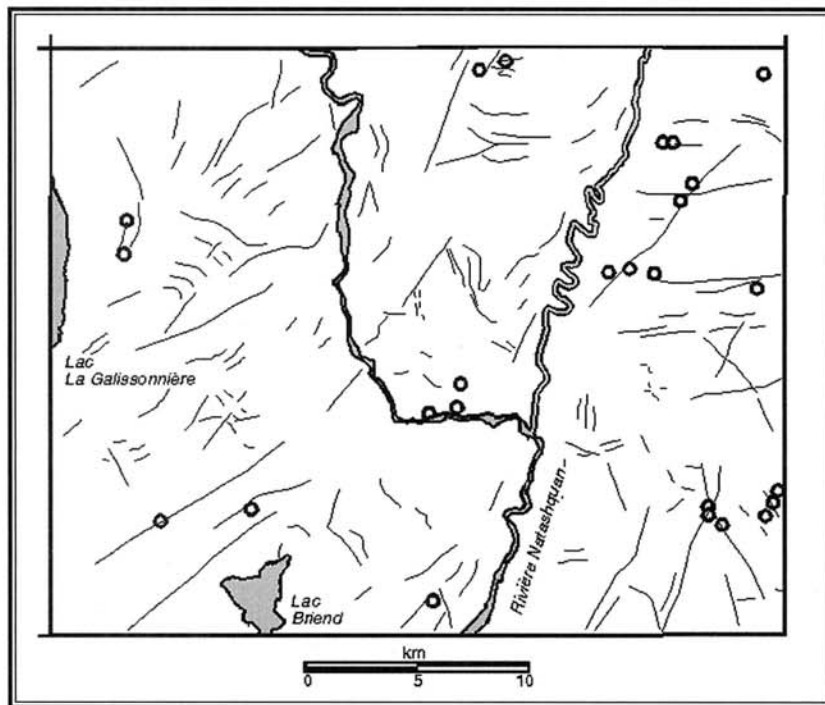


Figure 1.

Carte des linéaments et des anomalies géochimiques du feuillet du Lac Briand (Moyenne Côte-Nord). Les linéaments sont obtenus à partir d'une image LANDSAT-TM et les anomalies de sédiments proviennent de diverses campagnes de terrain dont les travaux sont présentés dans le rapport géologique du ministère des Ressources naturelles.

levés géologiques. Le programme met l'accent sur la reconnaissance de contextes géologiques favorables à la découverte de nouveaux gisements de classe mondiale. La découverte de tels gisements, caractérisés par des teneurs et des tonnages élevés, permettra d'assurer la pérennité de l'industrie minière québécoise. Dans les régions éloignées, seule la perspective de trouver de très gros gisements permet de justifier le coût élevé des infrastructures nécessaires au transport du minerai et à l'approvisionnement en énergie.

La télédétection : un outil de planification du projet Wakeham

La Province géologique de Grenville présente un potentiel intéressant pour les gîtes de type « Olympic Dam ». C'est pourquoi le Ministère s'est intéressé à la région du supergroupe de Wakeham, située sur la Moyenne Côte-Nord, à environ 100 km au nord de la localité de Natashquan. Cette région n'est accessible que par hydravion et les levés géologiques ne peuvent être faits

suite à la page 4

suite de la page 3

sans l'aide d'un hélicoptère. Pour faire face efficacement à ce type de logistique, une planification habile des travaux, avant même d'avoir vu le terrain, est essentielle.

C'est là que la télédétection est mise à contribution. Une carte de linéaments est dressée à partir d'une scène LANDSAT-TM à l'échelle de 1/100 000. Ensuite, on juxtapose cette information aux données géologiques disponibles et aux cartes magnétique et gravimétrique, ce qui permet d'obtenir une carte géologique préliminaire. L'information d'ensemble est achevée par un agrandissement 1/50 000 de l'image accentuée et par des photos aériennes au 1/15 000 et 1/40 000, lesquelles montrent, entre autres choses, la topographie et les sites d'atterrissage disponibles pour l'hélicoptère.

Pour préparer les travaux de terrain, les images sont très utiles, car elles fournissent des renseignements qu'on ne pourrait obtenir autrement. Par exemple, elles permettent d'évaluer la densité des affleurements et, par conséquent, de cibler les zones intéressantes à explorer. Cela permet d'éviter de consacrer trop d'efforts dans les zones sans affleurements et de se concentrer sur les secteurs susceptibles de contenir de l'information stratégique. Les images accentuées montrent certains accidents topographiques subtiles. Ces accidents topographiques, notamment lorsqu'ils coïncident avec des anomalies géophysiques, géochimiques ou avec des contacts géologiques, sont des zones qui peuvent contenir certains types de minéralisation. Ces zones sont visitées et étudiées plus en détail au cours des campagnes de terrain.

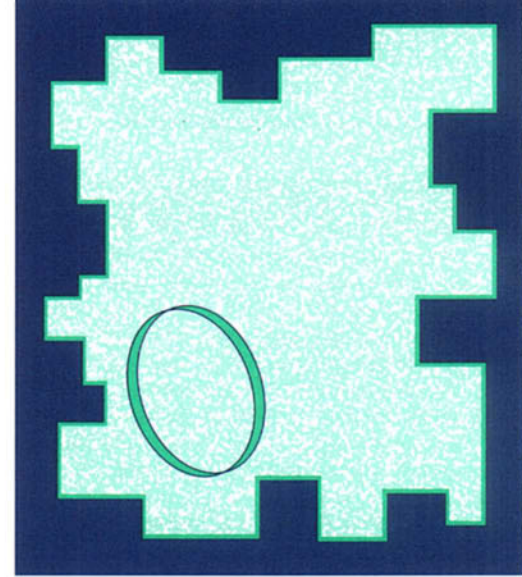
La télédétection : une aide à la modélisation géologique

L'utilisation des images LANDSAT-TM pour repérer et classer les grands linéaments qui traversent la région est fort importante dans ce projet. En effet, ces éléments structuraux font partie des critères à retenir pour la découverte de gîtes de type « Olympic Dam ». Les autres éléments sont les suivants : un contexte tectonique d'extension de la croûte continentale, des roches intrusives et volcaniques typiques d'une croûte continentale stable, une minéralisation mise en place à de faibles profondeurs et une forte altération hydrothermale. Ces éléments sont tous présents dans la région du supergroupe de Wakeham.

Attendues pour la campagne de terrain de 1996, les images RADARSAT permettront de mieux discerner les différents types de linéaments. La carte des linéaments doit être combinée à la carte des indices reconnus et des anomalies géochimiques connues, à la carte magnétique, à la carte gravimétrique et aux nouvelles données géologiques recueillies sur le terrain. Cet exercice d'intégration de données multiples permettra de mieux cibler les zones propres à dissimuler un nouveau gisement et, ainsi, rendra plus efficace la promotion du potentiel minéral de la région.

Louis Madore
Centre d'étude sur les ressources minérales
Université du Québec à Chicoutimi
Service géologique de Québec
Ministère des Ressources naturelles

Pierre Verpaelst
Service géologique de Québec
Ministère des Ressources naturelles



NUMERIMAGE est publié par le Service des technologies à référence spatiale du ministère des Ressources naturelles du Québec. 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 Mario Hinse
Service des technologies à référence spatiale
Ministère des Ressources naturelles du Québec
5700, 4^e avenue Ouest, local F 301
Charlesbourg (Québec) G1H 6R1
Téléphone : (418) 646-9687
Télécopieur : (418) 646-9424
Adresse électronique : stars@mnrn.gouv.qc.ca

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

Équipe de rédaction :
Mario Hinse, ministère des Ressources naturelles
Chantal Seuthé, ministère des Ressources naturelles
Chantale Gagnon, ministère des Ressources naturelles
Roch Allen, ministère de l'Environnement et de la Faune

Production :
Direction des relations publiques
Ministère des Ressources naturelles

Révision :
Les Textes impeccables inc.

Graphisme :
Erik Allard Graphiste

Impression :
Imprimerie BergeMont inc.

Abonnement :
Renseignements
Direction des relations publiques
Ministère des Ressources naturelles du Québec
Téléphone : (418) 646-2727
Sans frais : 1 800 463-4558
Télécopieur : (418) 643-0720

Dépôt légal - 1996
Bibliothèque nationale du Québec,
Bibliothèque nationale du Canada
ISSN: 1188-8954 RN 96-2017

Toute reproduction est autorisée en citant la source.



Erratum

Dans le numéro de février, la Direction de la gestion des stocks forestiers du ministère des Ressources naturelles publiait un tableau sur la superficie brûlée et le volume affecté par les feux de forêt en 1991 et 1995. En ce qui concerne le feu de Parent, on aurait dû lire :

Identification du feu	Année	Superficie brûlée (ha) (terrain forestier productif)		Volume affecté (000 m ³) (dans le brûlis total)		Donnée utilisée pour la mise à jour
		Brûlis total	Brûlis partiel	Résineux	Feuillus	
Parent	1995	39 963	9 513	1 030	328	SPOT (1995-09-12)



Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles
Service des technologies
à référence spatiale