MB 93-57

INTEGRATION ET ANALYSE DE DONNEES RADAR ET GEOSCIENTIFIQUES, FAILLE DU GRAND PABOS, SUD-EST DE LA GASPESIE

Documents complémentaires

Additional Files



Licence

License

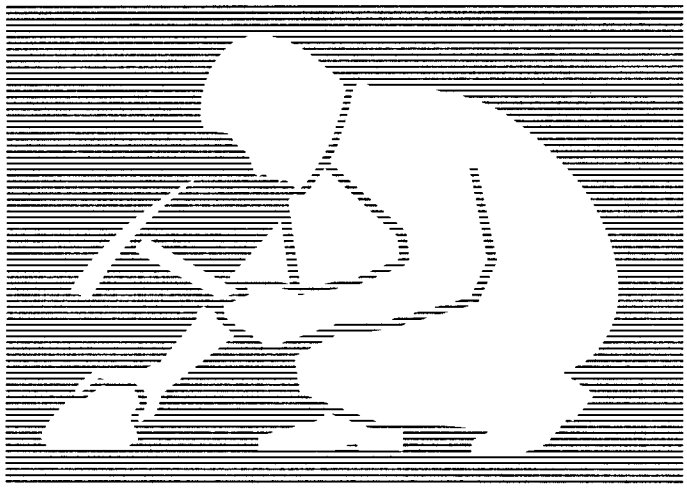
Cette première page a été ajoutée au document et ne fait pas partie du rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources naturelles
Québec

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Service géologique de Québec

Intégration et analyse de données Radar et géoscientifiques faille du Grand Pabos, sud-est de la Gaspésie

Michel Rheault



SÉRIE DES MANUSCRITS BRUTS

MB 93-57 **1993**

Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit soumis par l'auteur sauf pour une mise en page sommaire destinée à assurer une qualité convenable de reproduction
Le manuscrit a cependant fait l'objet d'une lecture critique et de commentaires à l'auteur avant la remise de la version finale au ministère.

Table des matières

		Page
RÉSUMÉ		v
Table des matières		i
Liste des figures		iii
Liste des tableaux		iv
1.	INTRODUCTION	1
2.	TERRITOIRE D'ÉTUDE	2
3.	OBJECTIFS VISÉS	2
4.	MÉTHODOLOGIE	4
5.	GÉOCODAGE DES DONNÉES	5
5.1	Acquisition des données	5
5.2	Corrections géométriques	5
5.2.1	Radar	5
5.2.2	Landsat TM	6
5.2.3	Magnétisme	6
5.2.4	Géochimie	7
5.2.5	Géologie	8
5.2.6	Cartographie	8
6.	INTÉGRATION DES DONNÉES	8
6.1	Rehaussements	8
6.1.1	Radar	8
6.1.2	Landsat TM	9
6.1.3	Magnétisme	9
6.1.4	Géochimie	9
6.2	Superposition	10
6.2.1	Radar + Landsat TM	11
6.2.2	Radar + Magnétisme	11
6.2.3	Radar + Géochimie	11
7.	ANALYSE GÉOLOGIQUE	12
7.1	Géologie régionale	12

Page

7.2 Lithologie 16

7.2.1 Radar 16
7.2.2 Magnétisme 16
7.2.3 Géochimie 21

7.3 Géologie structurale 22

7.3.1 Radar 22
7.3.2 Magnétisme 24

7.4 Géologie économique 25

7.4.1 Radar 25
7.4.2 Géochimie 25
7.4.3 Magnétisme 26
7.4.4 Métallotectes 28

8. DISCUSSION 32

9. CONCLUSIONS 34

RÉFÉRENCES 36

LISTE DES FIGURES

		page
FIGURE 1 -	TERRITOIRE À L'ÉTUDE	3
FIGURE 2 -	MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE	4
FIGURE 3 -	GÉOLOGIE RÉGIONALE (Échelle 1:300 000)	13
FIGURE 4 -	IMAGE RADAR. (haut) REGARD VERS LE SUD,	17
	(bas) REGARD VERS L'OUEST (Échelle 1:500 000)	18
FIGURE 5 -	CARTE D'INTERPRÉTATION DES LINÉAMENTS EW (Échelle 1:100 000)	19
FIGURE 6 -	CARTE D'INTERPRÉTATION DES LINÉAMENTS NS (Échelle 1:100 000)	20
FIGURE 7 -	RADAR + GRADIENT MAGNÉTIQUE VERTICAL (Échelle 1:500 000)	20
FIGURE 8 -	RADAR + GRADIENT (>95e percentile) (Échelle 1:500 000)	
FIGURE 9 -	RADAR + GÉOCHIMIE. (a) Plomb, (b) Cuivre, (c) Zinc. (>95e percentile) (Échelle 1:500 000)	27
FIGURE 10-	AIRES FAVORABLES D'EXPLORATION (Échelle 1:300 000)	30

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU 1 -	CARACTÉRISTIQUE DES DONNÉES D'ENTRÉE	6
TABLEAU 2 -	PERCENTILES GÉOCHIMIQUES ET VALEURS ASSOCIÉES	10

RÉSUMÉ

L'intégration d'images radar à des images géoscientifiques de sources multiples a été réalisée afin, d'une part, d'identifier les produits à valeur ajoutée les plus utiles en exploration géologique et, d'autre part, d'augmenter notre connaissance géologique du territoire étudié. Le secteur de la faille du Grand Pabos (feuillets SNRC 22A6 et 22A7) a été retenu comme territoire pilote à cause de la diversité et de la qualité des informations géoscientifiques acquises. Il comprend principalement des roches sédimentaires et volcaniques d'âge précambriennes à carbonifères, dans lesquelles des indices de Au, de CuPbZnAg et de NiCr sont observés.

Une base d'images géocodées à une résolution spatiale commune de 25m a été produite pour six (6) paramètres différents: radar, Landsat TM, gradient magnétique vertical, analyses de sédiments de ruisseau (Cu-Pb-Zn), géologie (contacts géologiques et failles) et altimétrie (isohypses numériques de la carte SNRC 1:250 000 22A).

Divers rehaussements ont ensuite été appliqués à chacun des paramètres pris séparément afin de mettre en valeur les informations géologiques probables. Des étalements de contrastes linéaires et non-linéaires ont été appliqués aux images radar, Landsat et géophysique alors qu'un étalement en fonction des percentiles a été appliqué aux images géochimiques.

Des produits à valeur ajoutée ont finalement été générés par la superposition des images rehaussées. L'image radar a été superposée à un composé couleur Landsat TM, à une image couleur du gradient magnétique vertical et à une image couleur de chacun des trois paramètres géochimiques. Les données géologiques, quant à elles, ont été superposées sur chacun de ces produits.

L'interprétation des linéaments relève deux catégories d'informations géologiques: la schistosité ou la stratification, d'une part, et les fractures, d'autre part. Ces dernières comprennent (1) les failles probables orientées EW, WNW et ENE, associées à de longs linéaments et, (2) un réseau de joints probables orientés NW et NE et associés à de courts linéaments.

Quelques-uns des linéaments de surface correspondent à des discontinuités aéromagnétiques, ce qui suggère la présence de failles importantes. D'autres sont observés au voisinage d'anomalies géochimiques de deux ou trois éléments. Les résultats de cette analyse permettent d'identifier douze nouvelles cibles pour la prospection minière, sur lesquelles des travaux de reconnaissance géologique sont recommandés.

1. INTRODUCTION

Ce rapport final d'un projet de recherche et développement porte sur l'utilisation d'images radar à des fins d'analyse géologique et de prospection minière. Il a été réalisé par la firme MIR Télédétection inc pour le compte du Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un programme de Recherche et Développement plus vaste, impliquant notamment la collaboration d'Énergie, Mines et Ressources Canada (EMRC), visant à préparer la venue des nouveaux satellites radar, dont ERS-1, JERS-1 et enfin RADARSAT prévu pour 1994.

Le projet utilise des données radar aéroportées provenant du Centre Canadien de Télédétection (CCT) suite à une entente intervenue avec le Centre de Télédétection du Québec (CTQ). Il est divisé en trois volets: (1) la production d'une base de données matricielles (Landsat TM, radar, magnétisme, géochimie, géologie) géocodées, (2) l'intégration des données et, (3) l'analyse géologique des produits à valeur ajoutée générés.

Le secteur de la faille du Grand Pabos, situé au sud de la péninsule gaspésienne, possède un potentiel minéral intéressant où de nouveaux indices minéralisés ont été récemment découverts. Il a été choisi comme région cible pour cette étude parce que de nombreux levés géologiques, géophysiques et géochimiques y sont disponibles. La nature du terrain et le couvert végétal permettent de tester le potentiel des images radar intégrées à des données géoscientifiques et d'évaluer avec justesse la nature et la qualité des résultats obtenus. Le développement du Système d'Informations GÉOMinières (SIGÉOM) ouvrira de nouvelles avenues aux données de télédétection, là où elles pourraient s'avérer un intrant rentable.

2. TERRITOIRE D'ÉTUDE

Le site d'étude, en Gaspésie, au Québec (voir figure 1), couvre les deux feuillets SNRC 22A6 et 22A7 à l'échelle 1:50 000. Il est constitué d'un plateau fortement disséqué où le relief atteint plus de 150m.

Les assises géologiques sont des assemblages sédimentaires, volcaniques et intrusifs du Précambrien au Silurien, délimités ou recoupés par plusieurs failles d'orientation et de mouvements divers. La plus importante (la faille du Grand Pabos) est une faille de décrochement dextre régionale, de direction EW, le long de laquelle plusieurs indices minéralisés ont été découverts (Savard, 1983; Malo *et al.*, 1990a; Malo *et al.*, 1990b).

Dans cette région relativement peu affectée par la glaciation, la topographie reflète directement la géologie. Les lithologies résistantes à l'érosion forment des crêtes alors que les lithologies plus friables et les zones de fractures sont le site de dépressions où coulent des cours d'eau.

3. OBJECTIFS VISÉS

Les deux principaux objectifs visés par cette étude sont:

1) La création de produits à valeur ajoutée intégrant les données radar et géoscientifiques, et qui répondent aux besoins des utilisateurs de données géoscientifiques;

2) La démonstration de l'utilité des informations géologiques tirées de ces produits à valeur ajoutée lors de la mise à jour de cartes géologiques et de l'évaluation du potentiel minéral.

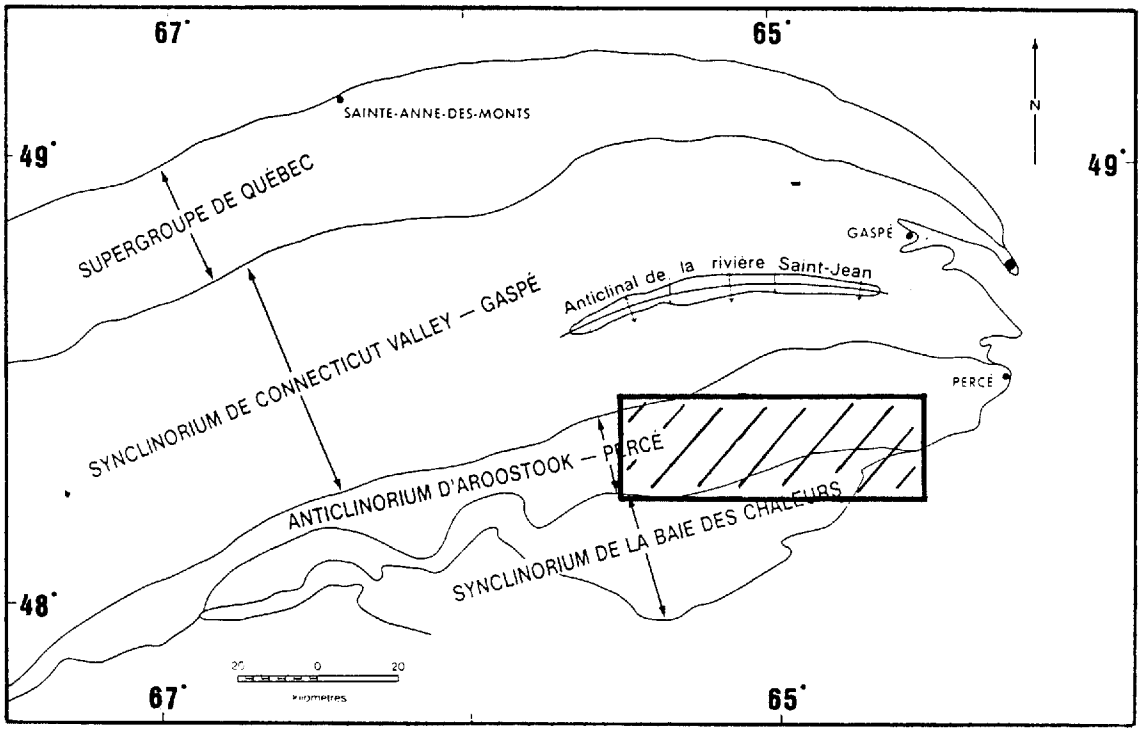


FIGURE 1 - TERRITOIRE À L'ÉTUDE

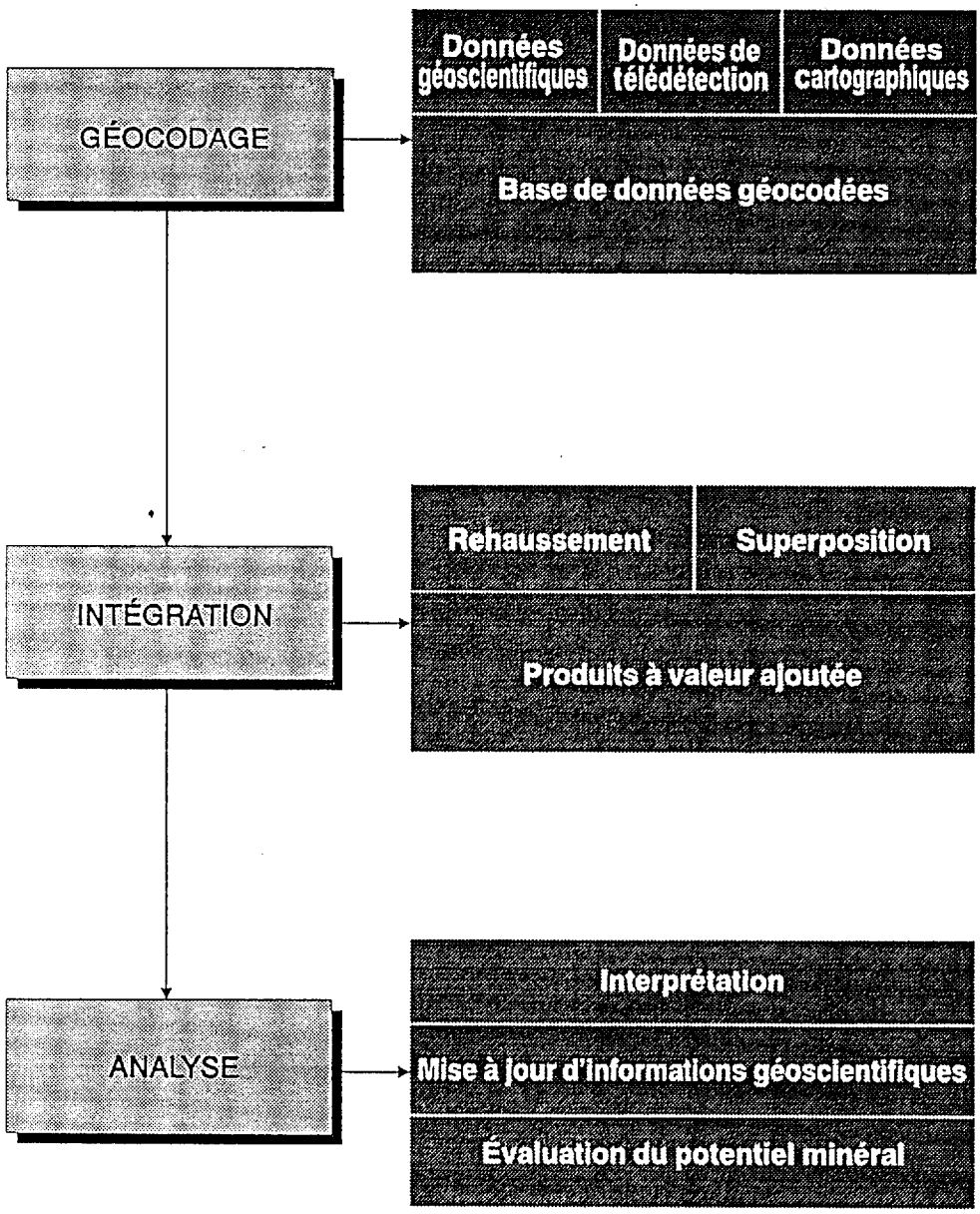


FIGURE 2 - MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE

5. GÉOCODAGE DES DONNÉES

5.1 Acquisition des données

Cinq catégories de données numériques (fournies par les gouvernements provincial et fédéral) ont été utilisées pour le projet (voir tableau 1).

5.2 Corrections géométriques

La résolution spatiale commune choisie pour la base de données est de 25m. Elle représente un compromis acceptable entre la résolution nominale des images radar et celles des mailles régulières des images géophysiques (200m et 50m) et géochimiques (250m). De plus, ce choix de 25m offre une meilleure comparaison avec les images RADARSAT qui seront également disponibles à une résolution spatiale de l'ordre de 25m.

5.2.1 Radar

Deux images radar aéroportées ont été géométriquement corrigées: l'une à visée vers le sud, et l'autre à visée vers l'ouest. La résolution nominale moyenne de ces deux levés, estimée à l'aide de repères levés sur les cartes topographiques, est de 7m en mode longitudinal (EW pour la visée sud et NS pour la visée ouest) et de 15m en mode latéral (NS pour la visée sud et EW pour la visée ouest).

L'image radar à visée vers le sud a été géométriquement corrigée à l'aide de repères levés sur les feuillets SNRC 22A6 et 22A7. Le rééchantillonnage a été effectué à 25m de résolution spatiale, à l'aide d'un polynome du deuxième ordre, fournissant une résiduelle moyenne de 32m en X et de 50m en Y.

Les résiduelles obtenues sont relativement élevées pour un rééchantillonnage final à 25m. Ceci s'explique par des variations d'attitude de la plate-forme et par un relief important, supérieur à 100m, où une visée latérale à un angle d'incidence minimal de 45° peut générer une parallaxe absolue supérieure à 100m.

Même si la méthode employée n'élimine pas totalement l'effet de parallaxe, ces résultats sont acceptables pour l'intégration des images radar à des images géophysiques ou géochimiques. Pour leur intégration à des images Landsat TM, il est toutefois recommandé d'avoir recours à des modèles numériques d'élévation (MNE) (Rheault *et al.*, 1991; Toutin *et al.*, 1992; Guindon *et al.*, 1992).

L'image radar avec une visée vers l'ouest a été corrigée à l'aide d'une procédure image-à-image, où l'image de référence utilisée est l'image Landsat TM géocodée.

TABLEAU 1 - Caractéristiques des données d'entrée

CATEGORIE	TYPE	CARACTERISTIQUES
TELEDETECTION	Radar	* source: fédéral; * aéroportée; * visée vers le sud; * visée vers l'ouest; * C-HH; * 7m sur 15m; * acquise le 90-10-31.
	Landsat TM	* source: provincial; * 30m sur 30m. * acquise le 91-06-18
GEOPHYSIQUE	Gradient magnétique Vertical	* source: fédéral; * aéroportée; * gradient calculé; * 200m sur 200m et 50m sur 50m.
GEOCHIMIE	Cu, Pb, Zn	* source: provincial; * sédiments de ruisseau; * maille irrégulière; * 3,3 échant./km^2.
CARTOGRAPHIE	Elevation	* source: fédéral; * orographie 1:250000; * format IGDS.
GEOLOGIE	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.

Les résultats obtenus des résiduelles sont légèrement inférieurs à ceux obtenus de la visée vers le sud, soit de 25m en X et de 42m en Y.

5.2.2 Landsat TM

L'image Landsat TM (Thematic Mapper) a été géométriquement corrigée à l'aide de repères levés sur les feuillets SNRC 22A6 et 22A7. Le rééchantillonnage des canaux visible (TM3) et infrarouges (TM4 et TM5) a été effectué à 25m de résolution spatiale, à l'aide d'un polynome du deuxième ordre, fournissant une résiduelle moyenne de 22m en X et en Y.

5.2.3 Magnétisme

Les données de deux levés aéromagnétiques ont été obtenues de la banque de données du gouvernement fédéral. Un premier levé (faible résolution), couvrant la totalité des deux feuillets topographiques 22A6 et 22A7, a été acquis à une altitude de 300m le long de lignes de vol espacées d'environ 750m. Un deuxième levé (haute résolution), couvrant un secteur de 20km sur 20km au centre-est de la région, a été acquis à une altitude de 150m, le long de lignes de vol espacées d'environ 200m.

Les données obtenues comprennent les mailles régulières (200m pour le levé à faible résolution, 50m pour le levé haute résolution) du gradient vertical calculé du champ magnétique total, dans le système de projection UTM, soit celui des feuillets topographiques 22A6 et 22A7. Le géocodage a consisté à rééchantillonner les données d'entrée à une résolution spatiale de 25m, compatible avec les données Landsat et radar géocodées.

5.2.4 Géochimie

Les données géochimiques, sous forme ponctuelle, correspondent à des analyses de sédiments de ruisseau (Choinière, 1985), échantillonnés à une maille irrégulière approximative de 3,3 échantillons par km^2. Elles ont été produites sous forme de mailles régulières à une résolution spatiale de 250m. Les mailles de trois paramètres géochimiques (Cu, Pb, Zn) ont finalement été rééchantillonnées avec une résolution spatiale de 25m, compatible avec les données radar d'entrée.

5.2.5 Géologie

Les données géologiques (contacts géologiques, failles, gîtes), sous forme vectorielle, ont été obtenues en format IGDS de MicroStation. Ces données ont d'abord été transformées en format SIF et ensuite sous forme d'image à une résolution spatiale de 25m, compatible avec les données radar et Landsat.

5.2.6 Cartographie

Les données planimétriques et altimétriques ont été obtenues sous forme de lignes et de contours, dans un format IGDS de Microstation. Elles correspondent à la numérisation de la planimétrie et des isohypses de la carte à l'échelle 1:250 000 no. 22A. Elles ont d'abord été transformées sous forme d'images de routes ou de contours d'élévation, et ensuite sous forme de Modèle Numérique d'Élévation (MNE) à une résolution spatiale de 25m, compatible avec les données Landsat et radar géocodées.

6. INTÉGRATION DES DONNÉES

Le deuxième volet touche à l'intégration des images géocodées. Il a consisté à améliorer la qualité des images prises séparément et à créer des produits à valeur ajoutée géologiquement significatifs. Ces derniers ont été choisis en collaboration avec le personnel du Centre de télédétection du Québec et du Service géologique de Québec.

6.1 Rehaussement

Des rehaussements ont été appliqués aux images géocodées d'entrée afin d'améliorer leur qualité avant leur superposition. Ils ont été choisis après analyse de la dynamique spectrale de chaque paramètre afin d'accentuer les informations géologiques.

6.1.1 Radar

L'effet de scintillement, présent sur les images radar non géocodées, doit être atténué tout en n'affectant pas les informations linéaires. Les images radar nongéocodées ont d'abord été convoluées à l'aide d'un filtre médian de dimension 3 sur 3, afin de réduire ce scintillement. D'autres études ont déjà démontré l'efficacité de ce filtre (Chavez *et al.*, 1986; Masuoka *et al.*, 1988).

La distribution des intensités des images radar est asymétrique. Les images radar géocodées ont donc été rehaussées par une redistribution gaussienne des intensités.

6.1.2 Landsat TM

Les images Landsat TM ont été rehaussées par étalement linéaire des intensités. Les seuils de coupure ont été établis après analyse des histogrammes de chaque canal.

6.1.3 Magnétisme

Les données aéromagnétiques de chacun des deux levés, en réel 32bits, ont d'abord été transformées en entier 8bits. Par la suite, elles ont été rehaussées par étalement gaussien des intensités.

Une mosaique des deux levés aéromagnétiques a permis de combiner, sur une seul e image, les informations des deux résolutions différentes. Elle a été produite par un ajustement des intensités entre les valeurs des deux levés dans la zone de recouvrement et par la superposition du levé à haute résolution sur le levé à faible résolution.

6.1.4 Géochimie

La distribution des intensités des données géochimiques n'est pas gaussienne. Le Service géologique de Québec applique habituellement des étalements non-linéaires à ces données, en s'appuyant sur des seuils de coupure correspondant aux percentiles (Choinière, 1985). Cette classification a l'avantage de mieux discriminer les anomalies susceptibles d'être associées à la minéralisation de celles qui sont associées à une signature lithologique régionale. Le tableau 2 présente les seuils de coupure calculés, correspondant aux percentiles choisis par le personnel du Service géologique de Québec. Ces valeurs ont été calculées à partir des échantillons prélevés dans les feuillets SNRC 22A6 et 22A7.

TABLEAU 2 - Percentiles géochimiques et teneurs associées

PERCENTILE	TENEUR (ppm)		
	Cu	Pb	Zn
99	61	67	220
98	47	51	180
95	35	37	148
85	25	26	120
75	20	21	108
50	15	15	90
25	10	12	72

6.2 Superposition

La superposition des images a consisté à combiner les informations géoscientifiques sous forme ponctuelle, linéaire et matricielle sur une image radar. Ces produits à valeur ajoutée présentent la géologie existante avec références spatiales à l'arrière plan et illustrent la corrélation entre des informations de surface (radar) et celles de sous-surface (géophysique, géochimie).

L'image radar de référence utilisée est celle avec regard vers le sud. Elle a été préférée à l'image radar avec regard vers l'ouest pour deux raisons: (1) son ombre radar masque moins d'informations géologiques, étant donné que le territoire étudié représente une partie de l'ensemble de l'image où les angles d'incidence sont plus faibles et, (2) elle accentue un plus grand nombre d'informations structurales généralement orientées EW, NW et NE.

Plusieurs techniques de superposition d'images sont couramment utilisées: transformation IHS (Intensity-Hue-Saturation), addition ou multiplication d'images (Rheault *et al.*, 1991; Harris, 1991). Après évaluation des résultats obtenus, l'addition d'images a été retenue pour la superposition des images radar-Landsat et radar-géochimie alors que la transformation IHS a été retenue pour la superposition des images radar-magnétisme et radar-géochimie. Les

informations géologiques (failles, contacts géologiques, gîtes) ont été superposées sur chaque produit.

Quant aux données cartographiques, seul le modèle numérique d'élévation (MNE) a été utilisé pour simuler des vues obliques lors de la visualisation des images à l'écran. Les données planimétriques, extraites des cartes à l'échelle 1:250 000, ne sont pas suffisamment précises pour être superposées aux images géocodées produites.

6.2.1 Radar + Landsat TM

Même si leur cohérence géométrique n'est pas parfaite, les images radar et Landsat ont quand même été intégrées. Les canaux Landsat TM3, 4 et 5 rehaussés (étalement linéaire) ont été superposés à l'image radar rehaussée (redistribution gaussienne). L'intégration a été réalisée par l'addition d'une proportion équivalente de chaque canal (50% radar + 50% Landsat) (voir page couverture).

6.2.2 Radar + Magnétisme

L'image du gradient magnétique vertical (mosaique des deux levés à faible et haute résolution rehaussée par étalement non-linéaire) a été superposée à l'image radar à l'aide d'une tranformation IHS. Cette opération consiste à générer trois canaux rouge-vert-bleu à partir des canaux radar (intensité), magnétique (teinte) et d'un canal synthétisant une saturation arbitraire constante. Le résultat traduit l'intensité relative du magnétisme (bleu au rouge) sur un fond d'image radar.

6.2.3 Radar + Géochimie

L'image de chacun des trois éléments géochimiques Cu, Pb et Zn (étalement des intensités en fonction des percentiles) a été superposée à l'image radar à l'aide d'une tranformation IHS. Cette opération a consisté à générer trois canaux rouge-vert-bleu à partir des canaux radar (intensité), géochimique (teinte) et d'un canal synthétisant une saturation arbitraire constante.

Par la suite, un composé couleur des éléments Zn-Cu-Pb en B-V-R a d'abord été généré en ne retenant que les valeurs anomales (>95%). Ce composé couleur a ensuite été superposé à l'image radar par l'addition d'une proportion équivalente de chaque canal (50% radar + 50% géochimie).

7. ANALYSE GÉOLOGIQUE

7.1 Géologie régionale

Les assemblages lithostratigraphiques du territoire étudié sont d'âge variant du Précambrien au Carbonifère (voir figure 3). Les roches précambriennes sont des copeaux tectoniques coincés dans les zones de faille. Le Groupe de Maquereau (Tremblay, 1987), d'âge probablement Cambrien, occupe un environnement physiographique subcirculaire au centre-est de la région. Il est composé de silicoclastites (grès, silt, ardoise,) et de basalte. La foliation curviligne régionale très relevée apparaissant sur les images radar (voir figure 4), est principalement due à l'orogenèse taconienne ou à des orogenèses pré-taconiques.

Au sud-ouest, le Groupe de Maquereau est bordé par le Groupe de Mictaw d'âge Ordovicien précoce (De Broucker, 1987). Le Groupe de Mictaw est constitué de flysch silicoclastique et de mélanges. La déformation dans le Groupe de Mictaw découle d'épisodes du Taconien tardif et de l'Acadien.

Le reste du territoire à l'étude appartient à l'anticlinorium d'Aroostook-Percé orienté NE-SW (Malo, 1988; Malo, 1989; Morin *et al.*, 1987). Le coeur de cet anticlinorium contient des roches d'âge Ordovicien tardif à Silurien précoce. De la base au sommet, la composition générale de cette séquence évolue de terrigène (Groupe d'Honorat) à terrigène-calcareuse (Formation de Pabos du Groupe de Matapédia) et à calcareuse (Formation de White Head du Groupe de Matapédia). L'anticlinorium est caractérisé par deux phases de déformation (ondulations régionales NW-SE, plis NE-SW avec clivage pénétratif) reliées à l'orogénèse acadienne.

Tous ces assemblages lithostratigraphiques sont recoupés par des failles régionales, généralement synorogéniques, réactivées après l'orogenèse acadienne. La plus importante est la faille du Grand Pabos, un décrochement dextre de direction EW, auquel sont associées des failles secondaires WNW (riedel dextre) et NNW (riedel senestre). Plus au sud, la faille de la rivière Port-Daniel, probablement active à l'Ordovicien inférieur (De Broucker, 1987), sépare le Groupe de Mictaw du Groupe de Maquereau.

Les prochaines sections présentent les résultats de l'analyse des produits à valeur ajoutée en mettant l'accent sur trois catégories d'informations: lithologie, géologie structurale et géologie économique. L'interprétation des linéaments a été effectuée sur film transparent, à l'aide des épreuves générées à l'échelle 1:100 000. Les résultats ont été numérisés afin de calculer la direction des principaux systèmes de linéaments d'origine fragile probable.

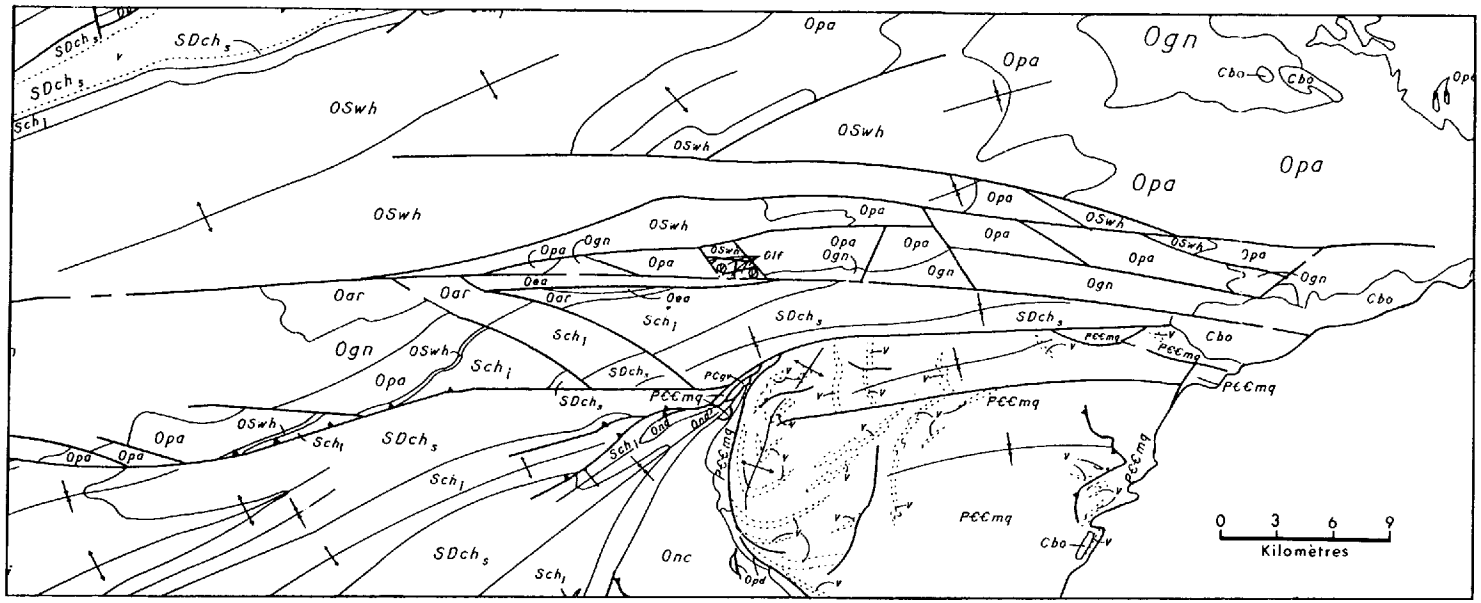
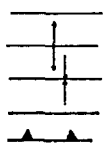


FIGURE 3 - GÉOLOGIE RÉGIONALE
(source: Brisebois *et al.*, 1991)

LÉGENDE

SYMBOLES GEOLOGIQUES



Contact géologique
Anticlinal
Synclinal
Faille normale et de décrochement
Faille de chevauchement
v volcanite
m intrusion mafique
f intrusion felsique

Carbonifère

Cbo — Formation de Bonaventure (Mississippien). Conglomérat, grès et mudrock rouges et gris-vert, calcaire.

Post-Dévonien précoce.

Dif — Stocks et filons couches de roches felsiques et intermédiaires.

Dévonien

Dfo — Groupe de Fortin (Dévonien précoce). Mudrock, grès, calcaire et conglomérat, volcanites mafiques.

Dcs — Calcaires supérieurs de Gaspé (Dévonien précoce). Calcaire, mudrock et grès, volcanites et volcanoclastiques mafiques et felsiques.

Dic — Formation D'Indian Cove (Dévonien précoce). Calcaire et mudrock, volcanites et volcanoclastites mafiques.

Dgg — Formation de Grande Grève (Dévonien précoce). Calcaire, mudrock et grès, volcanites et volcanoclastites mafiques.

Dsh — Formation de Shiphead (Dévonien précoce). Calcaire, mudrock et grès volcaniclastites et volcanites felsiques.

Dfr — Formation de Forillon (Dévonien précoce). Calcaire et mudrock.

Dba — Formation de Cap Bon Ami (Dévonien précoce). Mudrock, grès calcaire, volcanites et volcanoclastites mafiques.

Silurien à Dévonien

$Sdch_s$ — Groupe de Chaleurs (partie supérieure, Silurien tardif à Dévonien précoce). Mudrock, grès, calcaire, conglomérat, volcanites et volcanoclastites mafiques.

Sch_I — Groupes de Chaleurs (partie inférieure, Silurien précoce à tardif). Grès, mudrock, calcaire, conglomérat.

Ordovicien à Silurien

OSwh — Formation de White Head (Ordovicien tardif à Silurien précoce). Calcaire et mudrock.

Opa — Formation de Pabos (Ordovicien tardif). Mudrock, grès et calcaire

Ordovicien à Silurien

OSwh — Formation de White Head (Ordovicien tardif à Silurien précoce).
Calcaire et mudrock.

Opa — Formation de Pabos (Ordovicien tardif).
Mudrock, grès et calcaire

Ordovicien

Oga — Formation de Garin (Ordovicien tardif).
Mudrock, grès, calcaire et conglomérat.

Oas — Formation d'Arseneault (Ordovicien tardif).
Grès, mudrock et conglomérat.

Ode — Formation de Des Landes (Ordovicien tardif).
Grès, mudrock, chert.

Oto — Formation de Tourelle (Ordovicien moyen).
grès et mudrock.

Omc — Groupe de Mictaw (Ordovicien moyen à tardif).
Grès, mudrock et calcaire.

Omu — Mélange de la rivière du Milieu (Ordovicien tardif).
Unité chaotique à blocs de roches sédimentaires.

Ols — Complexe de Lady Step (Ordovicien moyen).
Métavolcanites, métasédiments, ultramafites, amphibolites.

Ond — Complexe ophiolitique de Nadeau (Ordovicien moyen).
Ultramafites, amphibolite, granitoides.

Occ — Mélange de Cap-Chat (Ordovicien moyen).
Unité chaotique à blocs de grès, mudrock, calcaire.

Opd — Mélange de la rivière Port-Daniel (Ordovicien moyen).
Blocs de serpentine, de volcanites, de granitoides et de sédiments dans une matrice de mudrock.

Oro — Formation de Rivière Ouelle (Ordovicien précoce à moyen).
Mudrock, grès calcaire et conglomérat.

Précambrien à Ordovicien

Opl — Unité des Pics (informelle) (Cambrien à Ordovicien).
Volcanites, grès et conglomérat.

€Orm — Formation de Romieu (Cambrien à Ordovicien précoce).
Mudrock et calcaire.

P€€si — Groupe de Shickshock (Précambrien à Cambrien précoce).
Sédiments et métasédiments, basalte et métabasaltes.

€cb — Formation de Corner of the Beach (Cambrien moyen).
Calcaire.

€mc — Formation de Murphy Creek (Cambrien moyen).
Mudrock, grès, calcaire et conglomérat.

P€€mq — Groupe de Maquereau (Précambrien à Cambrien).
Grès, mudrock rouge et vert, basalte.

Précambrien

P€ge — Socle grenvillien.
Gneiss, granodiorite et amphibolite.

7.2 Lithologie

7.2.1 Radar

Certaines unités ou assemblages d'unités lithostratigraphiques possèdent un arrangement physiographique distinctif sur les images radar. Le Groupe de Maquereau (voir Ma à la figure 4) est recoupé par une foliation curviligne marquée qui reflète l'influence de plusieurs phases de déformation. La topographie du Groupe de Mictaw (voir Mc à la figure 4) est caractérisée par la présence de plusieurs dolines de forme subarrondie. Le Groupe de Matapédia (voir Mt à la figure 4), situé au nord de la faille du Grand Pabos, est un plateau régional disséqué par des cours d'eau fortement encaissés.

Sur la carte d'interprétation des linéaments (voir figures 5 et 6), les foliations probables sont de trois catégories: litage, schistosité et clivage de fracture. Ces linéaments curvilignes sont abondants dans le Groupe de Maquereau, au sud-est de la région. Ils représentent principalement une foliation régionale, d'orientation très variable, bien développée dans ces assemblages déformés lors d'épisodes prétaconien et taconien.

Des foliations probables de direction régionale NE à ENE sont également relevées dans le Groupe de Matapédia (voir Mt à la figure 4) et dans les assemblages volcaniques siluriens (voir vs à la figure 4), au nord de la faille du Grand Pabos. Elle sont également relevées dans les Formations de West Point et de Gascon du Groupe de Chaleurs, au sud de la faille du Grand Pabos (voir Ch à la figure 4) et dans les unités de la Formation de Pabos (calcareux et terrigène), d'âge Ordovicien supérieur, situées à l'extrémité est de la région. À l'exception de celles observées dans le Groupe de Maquereau, la plupart de ces foliations sont soit le litage soit le clivage pénétratif associé aux plis NE-SW.

7.2.2 Magnétisme

Les dykes ou sills mafiques situés au sud de la faille du Grand Pabos (voir m à la figure 7), les volcanites du Maquereau (voir v à la figure 7) ainsi que le mélange ophiolitique (voir o à la figure 7) ont les susceptibilités magnétiques les plus élevées. Le Groupe d'Honorat (voir H à la figure 7), au sud de la faille du Grand Pabos, a une susceptibilité magnétique régionale relativement élevée, due probablement à la présence de fragments de roche mafique ou de grains de magnétite (D. Brisebois et M. Malo, communication personnelle).

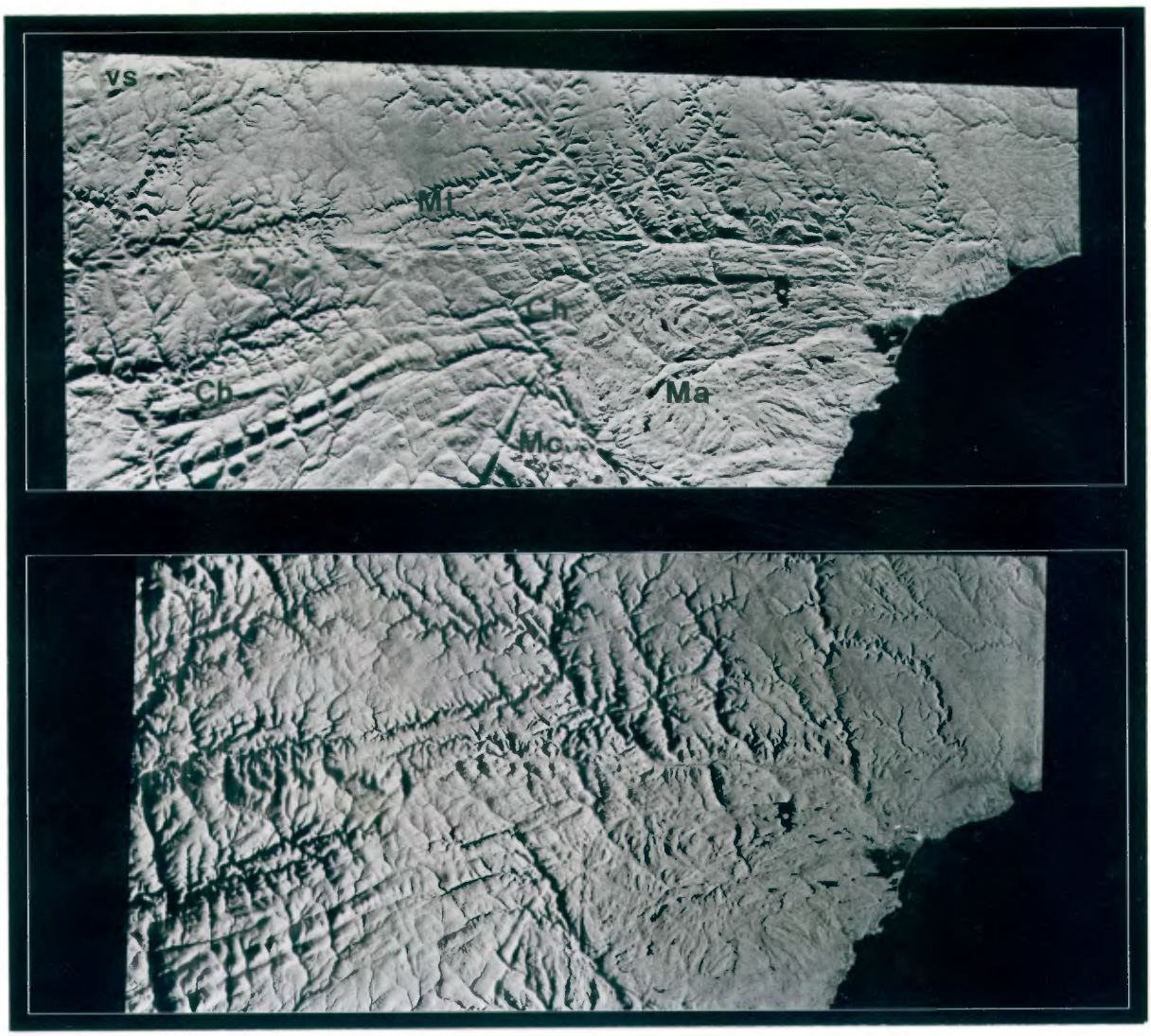
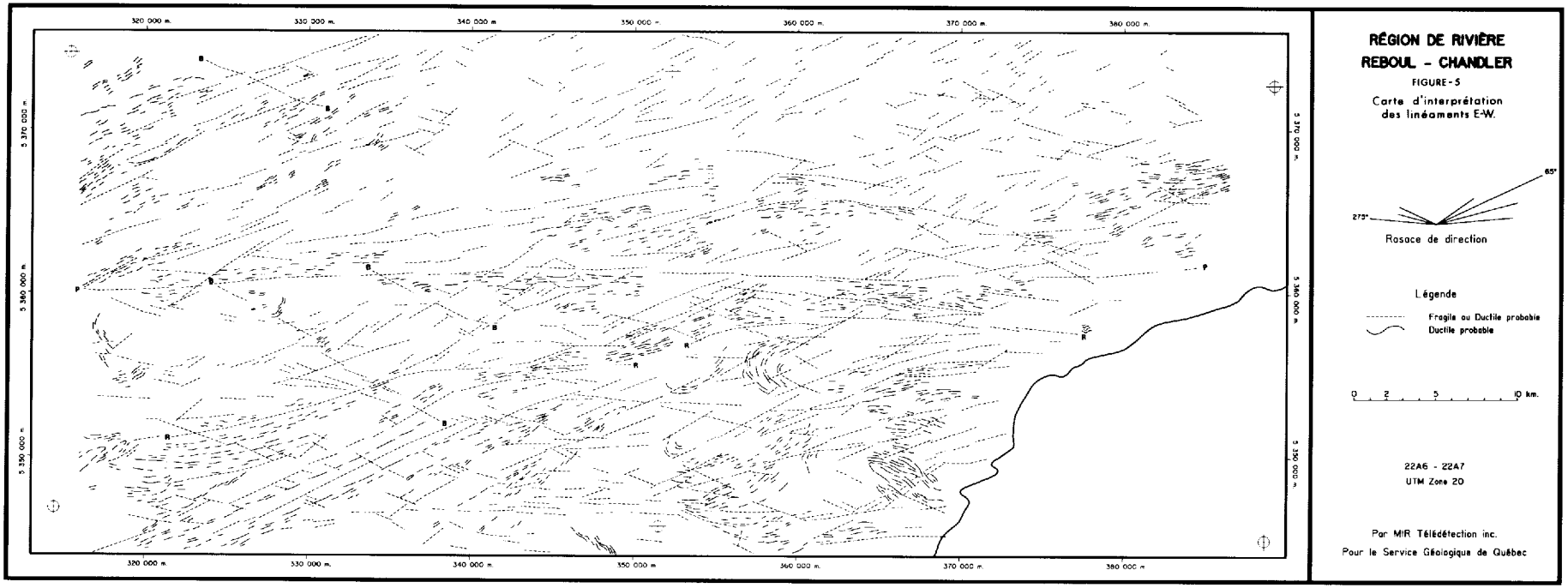


FIGURE 4 - IMAGE RADAR, (haut) REGARD VERS LE SUD, (bas) REGARD VERS L'OUEST (Échelle 1:500 000)

vs: volcanites siluriennes
Ch: Groupe de Chaleurs
Mt: Groupe de Matapédia
Mc: Groupe de Mictaw
Ma: Groupe de Maquereau



RÉGION DE RIVIÈRE REBOUL - CHANDLER

FIGURE - 5

Carte d'interprétation des linéaments E-W.

65°

275°

Rosace de direction

Légende

Fragile ou Ductile probable

Ductile probable

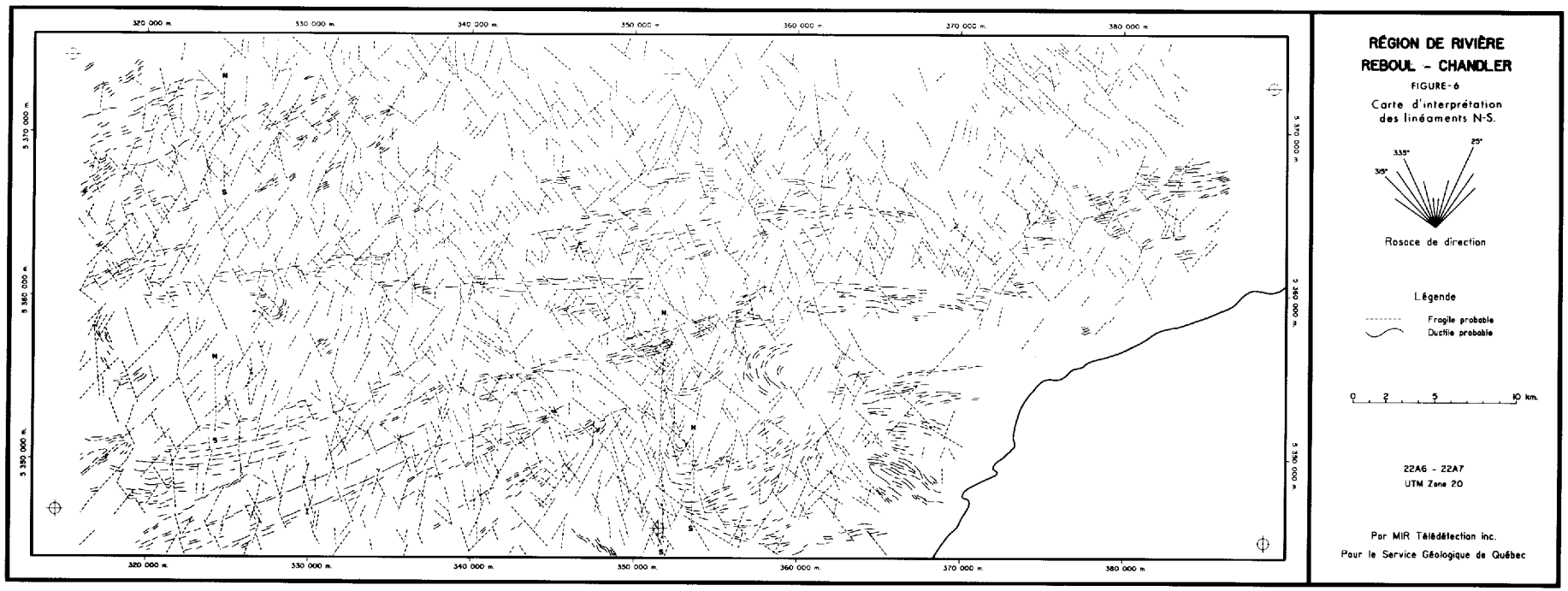
0 2 5 10 km.

22A6 - 22A7

UTM Zone 20

Par MIR Télédétection inc.

Pour le Service Géologique de Québec


320 000 m.
330 000 m.
340 000 m.
350 000 m.
360 000 m.
370 000 m.
380 000 m.
5 370 000 m.
5 360 000 m.
5 350 000 m.
RÉGION DE RIVIÈRE REBOUL - CHANDLER
FIGURE-6
Carte d'interprétation des linéaments N-S.
335°
25°
345°
Rosace de direction
Légende
Fragile probable
Ductile probable
0 2 5 10 km.
22A6 - 22A7
UTM Zone 20
Par MIR Télédétection Inc.
Pour le Service Géologique de Québec

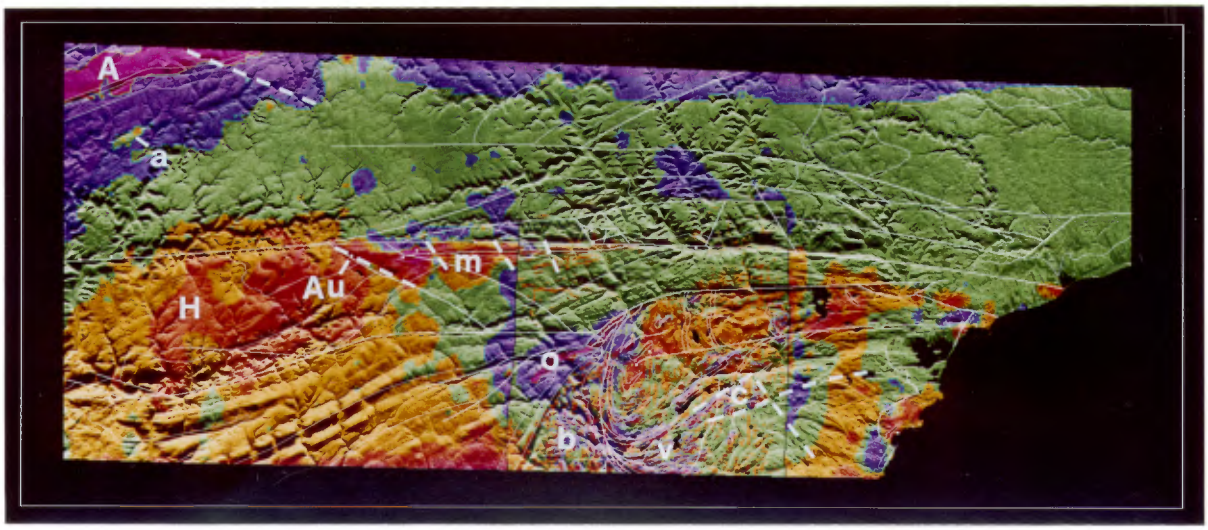


FIGURE 7 - RADAR + GRADIENT MAGNÉTIQUE VERTICAL
(Échelle 1:500 000)
(Le périmètre en noir circonscrit un levé à plus haute résolution;
les lignes blanches fines représentent les failles et les contacts géologiques existants)

(voir texte pour les annotations)

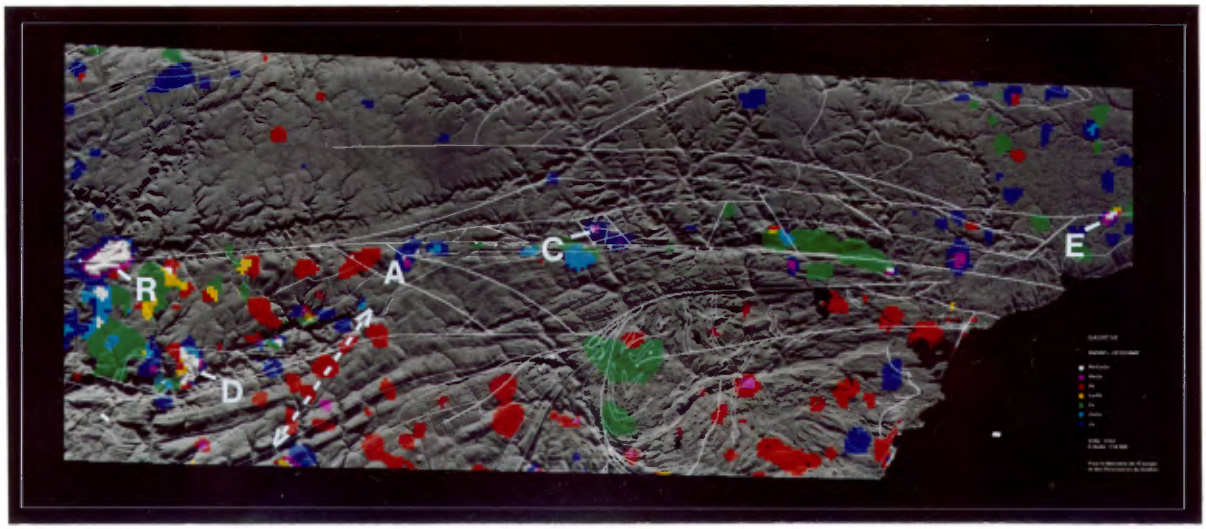


FIGURE 8 - RADAR + GÉOCHIMIE (>95e percentile)
(Échelle 1:500 000)
(Les lignes blanches fines représentent les failles et les contacts géologiques existants)

Blanc: Pb+Cu+Zn
Magenta: Pb+Zn - Rouge: Pb - Jaune: Pb+Cu
Vert: Cu - Cyan: Cu+Zn - Bleu: Zn

(voir texte pour les annotations)

Les volcanites siluriennes causent une importante anomalie positive (voir A à la figure 7) sur le flanc nord-ouest de l'antinorium d'Aroostook-Percé. Une petite anomalie lenticulaire (voir a à la figure 7), au sud-est de cette importante anomalie, traduit probablement la présence d'un sill mafique. Cette anomalie est également délimitée par des linéaments radar de direction ENE et NW.

Le levé aéromagnétique à haute résolution, couvrant le centre-sud de la région, fournit une discrimination nettement supérieure des anomalies aéromagnétiques. Le mélange ophiolitique de Nadeau, autrefois appelé serpentinite de Weir (voir o à la figure 7), correspond à une importante anomalie positive. À l'intérieur de la Formation de Neckwick du Groupe de Mictaw, plusieurs petites anomalies positives (voir b à la figure 7) correspondent probablement à des volcanites ou à des sills mafiques similaires à ceux interprétés à la bordure est de ce groupe.

Plusieurs petites anomalies positives sont également discriminées dans le Groupe de Maquereau, dont plusieurs correspondent très bien aux volcanites mafiques mises en carte par De Brouker (1987). Au sud-est du lac Pabos, l'orientation ENE à NE des anomalies positives (voir c à la figure 7) reflète la direction lithologique.

7.2.3 Géochimie

Parmi les trois éléments traités (Cu, Pb, Zn), la concentration du cuivre dans les sédiments de ruisseau a une bonne correspondance lithologique régionale (voir figure 9b). Les anomalies en Cu font ressortir, par exemple, les volcanites du Groupe de Maquereau, les mélanges de la rivière Port-Daniel et de Nadeau (voir vme à la figure 9b), les sills mafiques situés au sud de la faille du Grand Pabos (voir mf à la figure 9b), la Formation de Garin (voir Ga à la figure 9b) du Groupe d'Honorat ainsi que le Groupe d'Honorat lui-même (voir H à la figure 9b), situé au sud de la faille du Grand Pabos. Certaines de ces corrélations (Groupe d'Honorat, roches volcaniques) ont déjà été soulignées par Choinière (1985).

Le plomb et le zinc présentent également des corrélations avec les unités lithologiques. Les teneurs sont régionalement élevées en Zn pour le Groupe de Matapédia (voir Mt à la figure 9c), en Pb+Zn pour le Groupe de Mictaw (voir Mc à la figure 9c) et en Pb pour la moitié sud du Groupe de Maquereau et pour le Groupe de Chaleurs. Elles sont également régionalement élevées au-dessus des sills mafiques, au sud de la faille du Grand Pabos, en bordure sud du Groupe d'Honorat et au-dessus des volcanites de Raudin. Ces deux éléments (Pb et Zn) semblent mieux discriminer de petites anomalies, dont quelques-unes sont en corrélation avec des indices minéralisés connus.

7.3 Géologie structurale

Plusieurs phases de déformation affectent les roches de la région. De Brouker (1987) en relève onze pour les roches de la boutonnière Maquereau-Mictaw. Les quatre (4) épisodes les plus importants sont les suivants.

Le premier épisode, d'âge Cambrien tardif (taconique 1), produit l'attitude actuelle du Groupe de Maquereau avec des plis déversés vers le sud et le SE et un clivage pénétratif bien développé. Le deuxième épisode, d'âge Ordovicien précoce (taconique 2), précède le Groupe de Mictaw, favorisant le collage d'unités de mélanges avec le Groupe de Maquereau, à la faveur de la faille de la rivière Port-Daniel. Le troisième épisode, d'âge Ordovicien moyen (taconique 3), affecte le Groupe de Mictaw par des plis déversés vers le SW. Finalement le quatrième épisode, d'âge Dévonien moyen (acadien), affecte tous les assemblages sédimentaires de la région, générant l'anticlinal d'Aroostook-Percé, des plis déversés vers le SE ainsi qu'un clivage pénétratif de direction NE-SW, subparallèle à la direction des surfaces axiales des plis.

Les failles majeures de la région font leur apparition à l'intérieur des différents épisodes, rejouant fréquemment lors d'épisodes ultérieurs. La faille de la rivière Port-Daniel est très active lors de l'orogénèse taconienne. Elle agit d'abord en décrochement dextre et ensuite en chevauchement vers le SW (De Brouker, 1987). C'est finalement lors de l'orogénèse acadienne que se développent des failles de chevauchement NE-SW ainsi que des failles de décrochement dextre telles que les failles du Grand Pabos, de Raudin et de la rivière Garin (Malo, 1988; Malo, 1989)

7.3.1 Radar

Sur les images radar (voir figure 4), la plupart des failles connues sont bien visibles. Elles sont associées à des dépressions topographiques ou à un arrangement hydrographique particulier.

Sur l'image avec un regard vers le sud, les principales failles EW sont faciles à interpréter: faille du Grand Pabos (voir PP à la figure 5), faille de Raudin (voir RR à la figure 5), segment est de la faille du lac Hunt, une partie de la faille du Gros Ruisseau de la Chute. Des faille NW ou NE sont également bien exprimées.

La carte de linéaments interprétés (voir figures 5 et6) indique plusieurs systèmes de linéaments représentant probablement des failles et des diaclases:

. système EW (275°);
. système NW (315°);
. système NNW (335°);
. système NNE (25°);
. système ENE (65°).

Ces linéaments ont des longueurs très variables indiquant des systèmes de diaclases ou de failles probables. Les systèmes de linéaments courts avec forte périodicité (NW, NNW et NNE par exemple) (voir figure 6) sont probablement des systèmes de diaclases alors que les systèmes de longs linéaments (EW et ENE par exemple) (voir figure 5) sont probablement associés à des failles.

Il est difficile d'établir une chronologie de ces failles et diaclases. Plusieurs alignements régionaux de même orientation sont observés dans des assemblages lithostratigraphiques adjacents d'âge différent. Ces alignements peuvent avoir été générés lors des épisodes de déformation plus récents ou représenter le lieu d'anciennes failles réjuvénées. Le plus bel exemple est le Groupe de Maquereau où se manifestent des systèmes de linéaments EW, NW et NNE, lesquelles directions sont également observées dans les assemblages adjacents d'âges Ordovicien et Silurien.

Plusieurs alignements EW (voir figure 5), subparallèles à la faille du Grand Pabos, sont observés. Ce système est observé au nord et au sud de la faille du Grand Pabos. Il représente probablement des failles subsidiaires de la faille du Grand Pabos (Groupe de Matapédia) ou d'anciennes failles développées lors de l'orogenèse taconienne et réjuvénées lors de l'orogenèse acadienne (Groupe de Maquereau).

Certains des alignements WNW (voir BB à la figure 5) représentent probablement des riedels dextres découlant du mouvement dextre le long de la faille du grand Pabos. Dans ce contexte, les courts linéaments NW pourraient représenter des joints de tension découlant d'un système de contraintes NW-SE. Quant aux alignements ENE (voir figure 5), ils représentent des contacts lithostratigraphiques, des contacts de failles ou des lignes de crêtes d'anticlinaux.

Plusieurs courts linéaments du système NNW (voir figure 6) pourraient être associés aux joints AC des plis P2 de la déformation acadienne. Dans cet ordre d'idées, les courts linéaments WNW et NNE représentent un réseau de joints obliques associé à cette déformation. Toutefois, ces systèmes de joints (NNW et NNE par exemple) ont pu être réactivés au Carbonifère (D. Brisebois, communication personnelle).

Finalement, il faut souligner les linéaments NS, moins abondants mais non moins importants. À titre d'exemples, mentionnons la partie ouest du Groupe de Maquereau ainsi qu'un axe, situé à l'extrémité ouest du secteur, qui passe par le sud du Groupe d'Honorat et rejoint les volcanites siluriennes au nord de la région (voir NS à la figure 6). Ces linéaments représentent peut-être des fractures de tension résultant d'une compression NS.

7.3.2 Magnétisme

Certains linéaments coincident localement avec la bordure d'anomalies aéromagnétiques positives, indiquant un contact lithologique probable ou une schistosité régionale probable. À titre d'exemples, mentionnons des linéaments ENE dans la partie sud du Groupe de Maquereau, EW dans les sills au sud de la faille du Grand Pabos, et ENE dans les volcanites siluriennes au nord-ouest de la région.

Des linéaments continus probablement associés à des failles sont également en corrélation avec des discontinuités aéromagnétiques (voir tireté à la figure 7). À titre d'exemples, mentionnons un alignement WNW qui recoupe les volcanites siluriennes au nord-ouest de la région (déplacement horizontal apparent dextre), une succession de linéaments WNW à NW situé dans les sills mafiques au sud de la faille du Grand Pabos (voir m à la figure 7), et plusieurs autres de cette direction observés dans le Groupe de Maquereau. Mentionnons également des linéaments NS à NNE observés dans les Groupes de Mictaw et au contact Mictaw-Maquereau, ainsi que des linéaments ENE, situés à l'est du lac Pabos, qui délimitent un domaine aéromagnétique (voir c à figure 7) caractérisé par l'abondance de petites anomalies positives orientées NE à ENE.

Plusieurs alignements de linéaments régionaux ne correspondent pas à des discontinuités aéromagnétiques parce qu'ils sont observés dans des assemblages essentiellement sédimentaires (Groupe de Matapédia, par exemple). Ils peuvent correspondre à des failles, à des fractures régionales ou lignes de crêtes d'anticlinaux.

7.4 Géologie économique

Une vingtaine d'indices minéralisés ont été répertoriés sur le territoire à l'étude (Savard, 1983; Malo *et al.*, 1990a; Malo *et al.*, 1990b). Deux sont des indices aurifères de type filonien, dix sont des indices de NiCr dans des serpentinites et neuf sont des indices de CuPbZnAg associés à des skarns, des laves ou des sédiments.

L'effet d'un contrôle structural sur chacun de ces indices a déjà été évalué. Les indices de NiCr sont spatialement associés à une faille importante: faille du Grand Pabos, faille de la rivière Port-Daniel ou autres failles. Les indices cuprifères sont également observés à proximité de failles majeures (Grand Pabos, Hunt) ou de cisaillements locaux à proximité de ces failles. Finalement, les indices aurifères sont observés dans des veines NW-SE ou NE-SW situées près de la faille du Grand Pabos.

7.4.1 Radar

La proximité (<1km) de plus d'une douzaine d'indices minéralisés du linéament définissant la faille du Grand Pabos, et leur corrélation avec des linéaments qui recoupent cette faille, corroborent l'hypothèse selon laquelle cette faille majeure aurait favorisé l'ascension de fluides hydrothermaux.

Les deux indices de Ni Port Daniel no.3 et 4, observés au contact Maquereau-Mictaw, sont associés à la faille de la rivière Port-Daniel (Savard, 1983). Il sont également situés à proximité d'un important linéament rectiligne NS très bien exprimé sur l'image radar à visée vers l'ouest. D'autres linéaments NS sont également observés à l'est de ce dernier.

Les deux indices de Cu dans les roches volcaniques mafiques (Port Daniel no.1 et 2) sont également associés à une faille majeure, celle du Lac Hunt (Savard 1983). Sur l'image radar avec regard vers le sud, la faille du lac Hunt est plus ou moins visible à cet endroit. Des linéaments NNE à NE sont plutôt observés.

7.4.2 Géochimie

La corrélation entre certains indices minéralisés et des valeurs géochimiques anomales de sédiments de ruisseau (levés régionaux ou détaillés) a déjà été reconnue (Choinière, 1981; Savard, 1983) et ce, pour plusieurs catégories d'indices. Des valeurs très élevées en Cu, Pb et Zn ont été relevées pour des indices polymétalliques (indice Reboul), ainsi que pour des veines de quartz-carbonate-sulfures (indice aurifère du canton de Weir).

La figure 8 illustre la corrélation entre les valeurs anomales les plus élevées de chacun des trois paramètres (>95%), superposées à l'image radar avec visée vers le sud. Sur cette image, l'indice de Reboul (voir R à la figure 8) correspond à des plages blanches (Cu+Pb+Zn). Plusieurs linéaments NNE et ENE sont également relevés dans ce secteur. Un indice aurifère du canton de Weir (voir A à la figure 8) et un indice de PbZn dans les volcanites du canton de Raudin (voir C à la figure 8) correspondent à une teinte magenta (Pb+Zn).

De fortes corrélations de ces trois éléments (Cu+Pb+Zn) sont relevés là où aucun indice n'a encore été découvert. Mentionnons plusieurs anomalies qui ceinturent le Groupe d'Honorat dont la plus importante, à la bordure sud (voir D à la figure 7), correspond à un linéament nord-sud qui pourrait représenter une zone de joints de tension.

Il y a également une autre zone dans la partie est de la région, au nord de la faille du Grand Pabos (voir E à la figure 8), qui est recoupée par une faille EW interprétée et qui est située près de linéaments de direction WNW et NE. Finalement, signalons dans le Groupe de Chaleurs des alignements NNE aux fortes concentrations en Pb (voir flèche aux figures 8 et 9a) en bordure de linéaments également orientés NNE.

7.4.3 Magnétisme

La corrélation entre les indices et les données aéromagnétiques se situe à deux niveaux: relation avec la proximité de fortes intensités du champ magnétique (signature lithologique) ou proximité de discontinuités magnétiques (signature structurale).

Sur l'ensemble du territoire étudié, le lien entre la proximité d'indices de NiCr et de fortes intensités magnétiques (lithologies mafiques comme des sills, des serpentinites) est bien illustré (voir figure 7). Il en est de même des indices de Cu dans les roches volcaniques associés à de fortes intensités magnétiques.

Un indice aurifère, dans le canton de Weir (voir Au à la figure 7), est situé le long d'une discontinuité magnétique NW qui est interprétée comme une faille et qui apparaît clairement sur l'image radar. D'autres indices aurifères et cuprifères, le long de la faille du Grand Pabos, sont également en corrélation avec des discontinuités magnétiques qui sont également associées à des linéaments de surface.

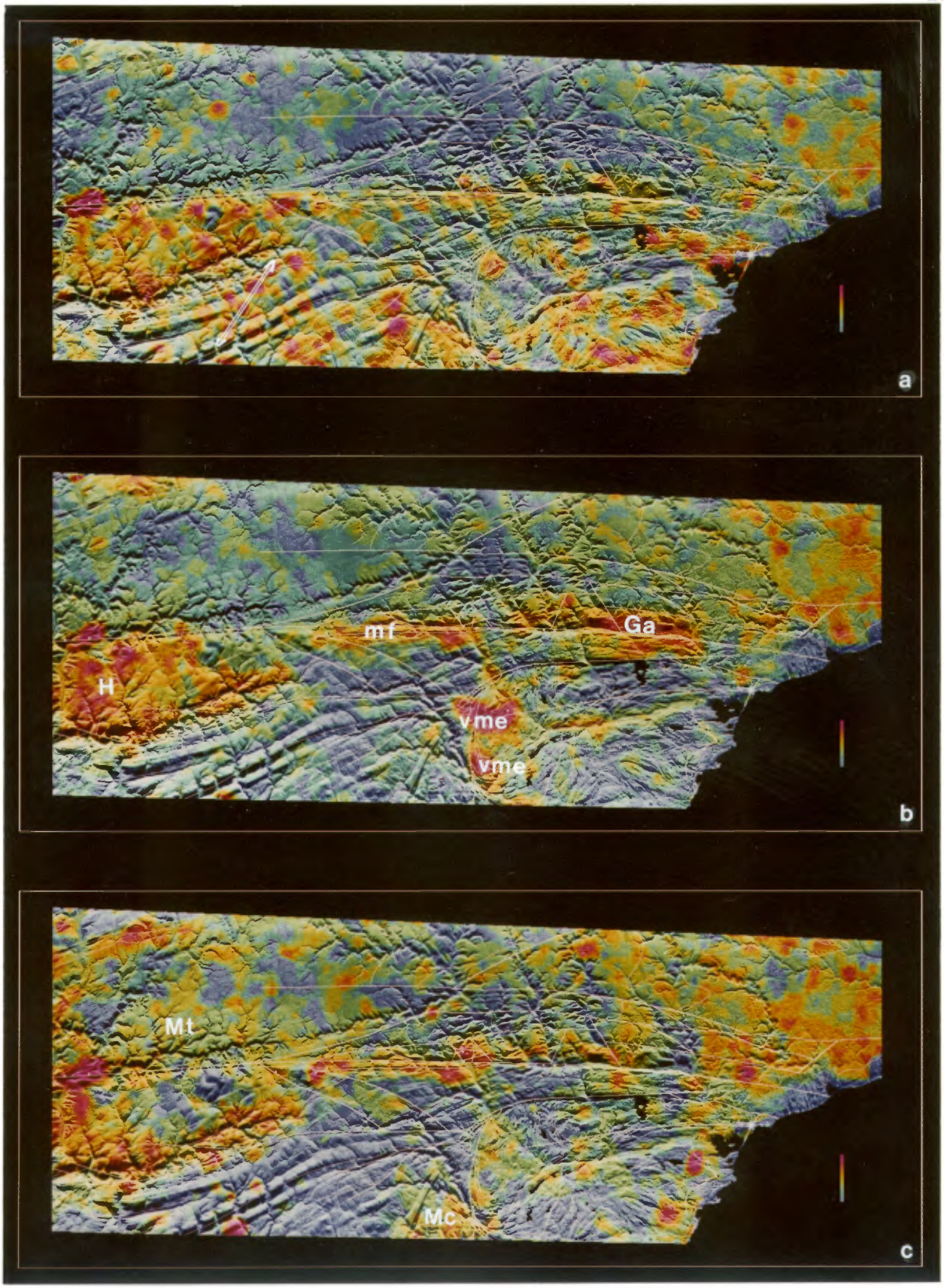


FIGURE 9 - RADAR + GÉOCHIMIE
(Échelle 1:500 000)
(a) Plomb; (b) Cuivre; (c) Zinc.

(voir texte pour les annotations)

7.4.4 Métallotectes

L'intégration des données radar et géoscientifiques procurent des informations inédites d'intérêt pour l'évaluation du potentiel minéral de la région:

- failles probables;
- systèmes de diaclases;
- contacts lithostratigraphiques probables;
- linéaments correspondant à des discontinuités magnétiques;
- anomalies géochimiques (Cu+Pb+Zn ou Pb+Zn).

Certaines associations spatiales de ces informations représentent des métallotectes probables associés à des indices minéralisés connus. À titre d'exemples, mentionnons:

- Indice Reboul (CuPbZnAgAu)
  - Faille EW du Grand Pabos;
  - Anomalies géochimiques Cu+Pb+Zn (>95%);
  - Linéaments NNE, ENE et NW;
  - Foliation ENE.
- Indice Weir-1 (AuAgPbZn)
  - Faille EW du Grand Pabos;
  - Linéament WNW à NW associé à faille interprétée;
  - Discontinuité aéromagnétique WNW à NW

.

- Indice Weir 1A (Au)
  - Faille EW du Grand Pabos;
  - Faille interprétée NW à WNW;
  - Linéaments NNE;
  - Anomalies géochimiques Pb+Zn.
- Indice Raudin 1 (PbZn)
  - Roches volcaniques;
  - Faille EW du Grand Pabos;
  - Failles WNW et NW interprétées;

. Linéaments NW et NE;
. Anomalies géochimiques Pb+Zn.

En fonction de ces observations, la figure 10 présente des zones qui sont caractérisées par les métallotectes suivants:

Cible 1 (canton Garin)

. Anomalies géochimiques Cu+Pb+Zn;
. Linéament NS important;
. Linéament NNE;
. Faille Raudin ENE.

Cibles 2, 3, 4 et 5 (cantons Honorat, Garin, Reboul)

. Anomalies géochimiques Cu+Pb+Zn;
. Linéaments NNE, NNW et WNW;
. Linéament ENE;
. Cible 5 peut-être associée à Reboul.

Cible 6 (canton Honorat)

. Anomalies géochimiques Cu+Pb+Zn;
. Linéaments NNE, NW et WNW.

Cible 7 (canton Guéguen)

. Roches volcaniques;
. Anomalie géochimique Zn;
. Linéament WNW associé à discontinuité aéromagnétique (faille de décrochement dextre?).

Cible 8 (canton de Weir)

. Anomalies magnétiques associées à sill mafique;
. Succession de linéaments NW;
. Succession de discontinuités aéromagnétiques NW;
. Gîtes Au et Cu connus.

Cible 9 (cantons Port-Daniel et Newport)

. Roches volcaniques;

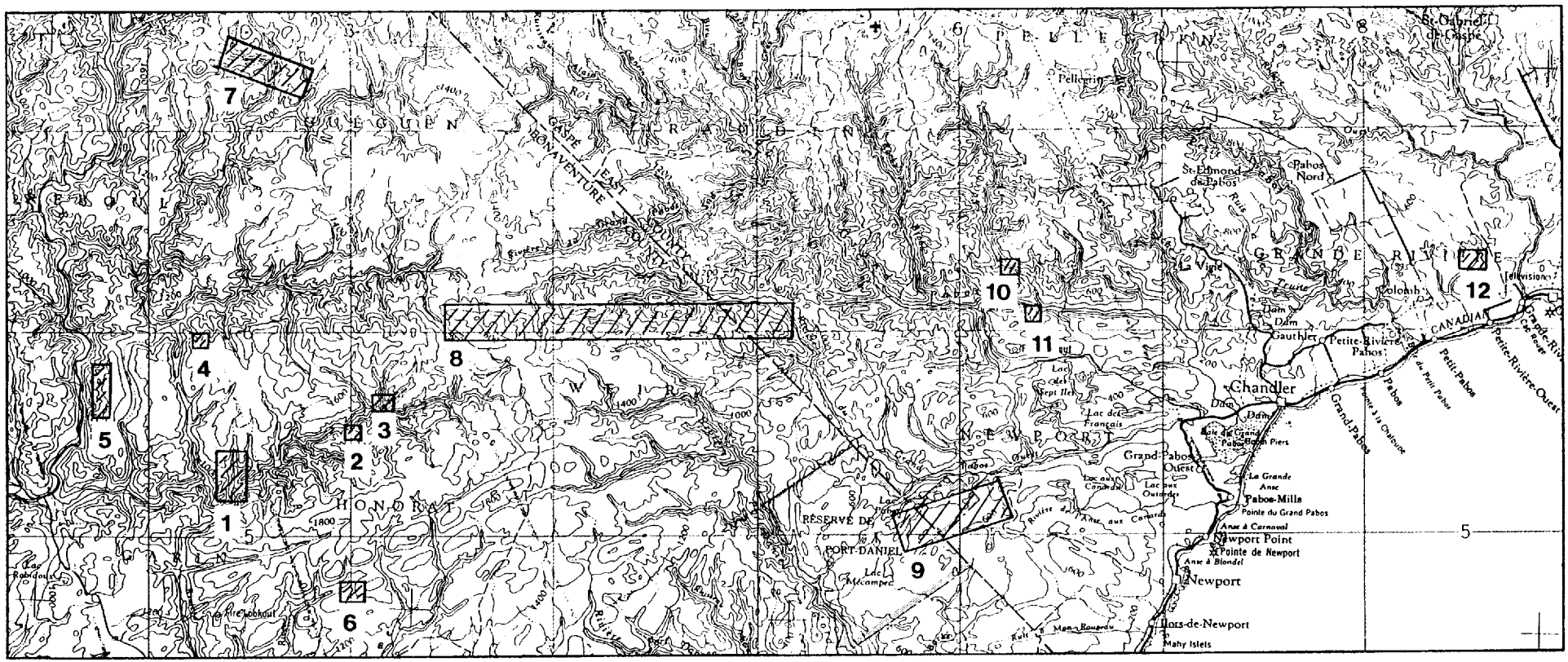


FIGURE 10 - AIRES FAVORABLES D'EXPLORATION
(Échelle 1:300 000)

(voir texte pour description)

. Linéaments ENE et NW;
. Anomalies géochimiques Pb+Zn;
. Bloc d'anomalies magnétiques positives.

Cible 10 et 11 (canton Raudin)

. Concentration de petites anomalies magnétiques positives (sill?) dans la Formation de Garin;
. Anomalies géochimiques Cu+Pb+Zn ou Pb+Zn;
. Faille EW du Grand Pabos;
. Linéaments NNE, ENE et NW;
. Linéament WNW.

Cible 12 (canton Seigneurie de Grande-Rivière)

. Géochimie Cu+Pb+Zn;
. Faille EW interprétée;
. Linéaments NE et NW.

8. DISCUSSION

Cette étude démontre l'utilité de l'image radar en géologie. La possibilité d'avoir des directions de visée variables (vers le NW ou vers le NE sur les données satellites, multiples sur les données aéroportées) et ce, même sous couvert nuageux, fournit un portrait différent de celui fourni par Landsat ou SPOT dont les images sont toujours acquises sous illumination du sud-est. Toutefois, tout comme Landsat ou SPOT, l'image radar ne permet pas l'extraction directe d'informations spectrales de nature lithologique sur des territoires couvert de végétation.

Par leur radiométrie et leur géométrie inhérentes, les images radar nécessitent des corrections qui doivent être appliquées avec rigueur. Le scintillement observé sur les images peut être efficacement réduit par des techniques de filtrage disponibles sur la majorité des systèmes d'analyse d'images. Même si ces corrections peuvent altérer légèrement les arêtes de l'image, elles améliorent grandement la perception, par l'analyste, des informations géologiques.

Sur les données aéroportées, les variations d'intensités dans la direction d'acquisition et dans la direction de visée peuvent nécessiter également des corrections afin d'améliorer la qualité des images. Ces effets sont cependant moins importants sur les images obtenues de satellites.

La géométrie des images radar est directement reliée au temps de retour du signal, aux conditions de visée et au relief ambiant. Lorsque le relief est important et que l'angle d'incidence au sol est très faible, l'effet de parallaxe est important. Dans ces cas, il est nécessaire d'utiliser des modèles numériques d'élévation (MNE) lors de la production d'ortho-images. Dans le cas de très fort relief (Cordillère de l'Ouest par exemple), l'image radar acquise à des angles d'incidence faible (25° par exemple) n'est plus recommandée à cause de la perte d'informations radiométriques associée au repli et au racourcissement.

Lors de missions aéroportées, le recours à deux directions de visée présente des avantages évidents lors de l'analyse structurale. De plus, la planification de l'orientation des lignes de vol est généralement faite en fonction de la géologie. Le recours à un seul angle de visée plus ou moins du nord pourrait très bien compléter l'image Landsat qui elle, est acquise avec une illumination du sud-est. Quant à la fréquence utilisée (5cm de longueur d'onde) et la polarisation (HH), elles présentent un intérêt plus secondaire par rapport aux conditions de visée, particulièrement sur des territoires où le couvert végétal est dense.

Aux programmes d'exploration minière, l'image radar fournit une information structurale très utile. De plus, elle a l'avantage sur l'image Landsat que l'intensité moyenne de l'image est plus ou moins constante sur toute la scène, indépendemment de certaines activités naturelles ou humaines (feux de forêt d'âges différents, coupe forestière). Pour cette raison, l'image radar se prête mieux à la superpositon à d'autres images couleurs (magnétisme ou géochimie par exemple).

En somme, en milieu à fort couvert végétal, l'image radar offre des informations sur l'arrangement spatial des formes qui permet l'interprétation des phénomènes géologiques sous-jacents. À ce titre, elle peut être considérée comme une photo aérienne numérique avec toutefois 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 nouvelle sur les phénomènes géologiques en présence, qu'ils soient connus ou nouveaux.

Le temps et les coûts de traitement associés à l'intégration d'une image radar à deux images géophysique et géochimique ne sont pas supérieurs à ceux associés au traitement de 6 canaux Landsat. La disponibilité croissante de données géoscientifiques numériques jumelée à la mise sur pied de méthodes opérationnelles d'intégration devrait réduire ces coûts dans l'avenir.

9. CONCLUSIONS

L'intégration de données radar à des données géoscientifiques fournit des informations géologiques très pertinentes et ce, à deux niveaux: augmentation de notre connaissance géologique sur le territoire et contribution à l'évaluation du potentiel minéral.

L'augmentation de notre connaissance géologique sur le territoire est fournie principalement par la superposition aux images images radars des données géologiques et aéromagnétiques. Par exemple, la corrélation entre un linéament relevé sur l'image radar et une discontinuité magnétique révèle une faille ou une diaclase.

L'évaluation du potentiel minéral est fournie davantage par la superposition des images géochimiques et de l'image radar. Des métallotectes connus (anomalie géochimique à Reboul par exemple) sont corroborés et de nouveaux secteurs favorables sont rapidement identifiés. De plus, ces secteurs sont également mis en relation avec la présence de linéaments de surface ainsi qu'avec toutes les références spatiales utiles à des fins de localisation.

Cette étude démontre donc clairement l'utilité des produits à valeur ajoutée dans l'augmentation de la connaissance géologique ainsi que dans l'évaluation du potentiel minéral. Deux produits sont indispensables: (1) la superposition des images géochimiques à l'image radar et, (2) la superposition de l'image du gradient magnétique vertical à l'image radar.

La méthode d'intégration appliquée dans cette étude est totalement indépendante de la physiographie du territoire d'étude en ce qui concerne les images radar et géophysiques. Il en est autrement pour les données géochmiques où la qualité des méthodes de levés et d'analyse doivent être considérées. Pour d'autres secteurs situés en Gaspésie, en Abitibi, sur la Côte Nord et dans la fosse du Labrador, nous recommandons fortement la création de ces deux mêmes produits, plus particulièrement en utilisant des données ERS-1 qui couvrent une superficie beaucoup plus grande que les données aéroportées et ce, à des coûts inférieurs.

Quoique les résutats de cette étude démontrent une excellente contribution à l'augmentation de notre connaissance géologique de la région, la mise à jour numérique d'informations géoscientifiques est à démontrer. Avec le démarrage de SIGÉOM, nous recommandons donc fortement la réalisation d'un projet pilote permettant l'utilisation opérationnelle de ces produits matriciels en arrière plan lors de la mise à jour d'informations géoscientifiques. Les informations

dérivées pourraient simultanément être utilisées à des fins d'analyse spatiale, lors de programmes d'évaluation du potentiel minéral.

RÉFÉRENCES

BRISEBOIS D., G. Lachambre et G. Piché (1991) Carte géologique, péninsule de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, carte 2146, DV 91-21.

CHAVEZ P.S. and G.L. Berlin (1986) Restoration Techniques for SIR-B Digital Radar Images. Proc. of Int. Symp. on Rem. Sens. of Env., 5th Th. Conf., Rem. Sens. for Expl. Geology, Vol. II, pp. 501-512.

CHOINIÈRE J. (1981) Atlas géochimique des sédiments de ruisseaux de la partie orientale de la baie des Chaleurs. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, DPV-854.

CHOINIÈRE J. (1985) Synthèse de la géochimie des sédiments de ruisseau de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MM 84-01.

DE BROUCKER G. (1987) Stratigraphie, pétrographie et structure de la boutonnière de Maquereau-Mictaw, région de Port-Daniel, Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MM 86-03.

GUINDON B. and M. Adair (1992) Analytical Formulation of Spaceborne SAR Image Geocoding and "Value-Added" Product Generation Procedures Using Digital Elevation Data. Can. Jour. of Rem. Sens. Vol. 18, No. 1, pp.2-13.

HARRIS J.R. (1991) Mapping of Regional Structure of Eastern Nova Scotia using Remotely Sensed Imagery: Implication for Regional Tectonics and Gold Exploration. Can. Jour. of Rem. Sens. Vol. 17, No. 2, pp.122-136.

MALO M. (1988) Stratigraphie et structure de l'anticlinorium d'Aroostook-Percé de la région d'Honorat. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, DGEGM, ET 88-01.

MALO M. (1989) Stratigraphie et structure de l'anticlinorium d'Aroostook-Percé de l'est de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, DGEGM, ET 87-06.

MALO M., R. Moritz, F. Roy, A. Chagnon et R. Bertrand (1990a) Géologie et métallogénie de la faille du Grand Pabos, région de Robidoux-Reboul. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MB 90-09.

MALO M., C. Trudel et P. Barrette (1990b) Géologie et gîtologie de la faille du Grand Pabos, région de Raudin-Weir. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MB 90-10.

MASUOKA P.M., J. Harris, P.D. Lowman Jr. and H.W. Blodget (1988) Digital Processing of Obital Radar Data to Enhance Geologic Structure: Examples from the Canadian Shield. Photog. Eng. and Rem. Sens. Vol. 54, No 5, pp. 621-632.

MORIN R. et M. Simard (1987) Géologie des régions de Sirois et de Raudin, Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MB 86-06.

RHEAULT M., R. Simard, C. Garneau and V.R. Slaney (1991) SAR-Landsat TM-Geophysical Data Integration: Utility of Value-Added Products in Geological Exploration. Can. Jour. of Rem. Sens. Vol. 17, No. 2, pp.185-190.

SAVARD M. (1983) Indices minéralisés du sud de la Gaspésie. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, ET 83-08.

TOUTIN Th., Y. Carbonneau and L. St-Laurent (1992) An Integrated Approach to Rectify Airborne Radar Imagery Using DEM. Photogr. Eng. and Rem. Sens., Vol.58, No.4, pp.417-422.

TREMBLAY G. (1987) Géologie du Groupe de Maquereau, région de Chandler. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, ET 86-09.