



**Levés d'induction électromagnétique
(Promis-10 et GEM-2), magnétométrie (GSM-19)
et de tomographie géoélectrique (ABEM
Terrameter LS) du gîte de silice de la propriété
Roncevaux (Matapédia)**

Détenu par

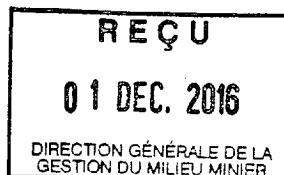
Uragold Bay Resources inc.

rapport préparé par :

Marc Richer - LaFlèche, Ph.D., géo, INRS-ETE

Octobre 2016

GM 70118



1599044

1

15990441

SOMMAIRE

Ce rapport présente les résultats de levés géophysiques effectués à l'automne 2016, dans le secteur du gîte de silice de la propriété Roncevaux, détenue par Uragold Bay Resources inc. et située dans la municipalité de Ste-Florence et plus spécifiquement dans le territoire non organisé (TNO) du Ruisseau Ferguson (MRC d'Avignon). Le gîte de silice est une unité siliceuse, constituée de veines de quartz hydrothermal injectées dans des roches sédimentaires dévoniennes du Groupe de Fortin. La propriété est située dans une zone forestière et montagneuse des Appalaches du Québec. Compte tenu de la haute densité du couvert forestier, un réseau de lignes coupées avec un espacement de 50m a été réalisé en septembre 2015. Deux levés d'induction électromagnétique en domaine de fréquence (levés Promis-10 et GEM2), ont été effectués à l'intérieur du périmètre de lignes. Un levé magnétométrique GSM-19 a de plus été réalisé en mode d'acquisition stationnaire. Des données du champ magnétique total et du gradient magnétique ont été mesurées sur l'ensemble du périmètre du levé géophysique. Les levés effectués visaient à détecter la présence d'anomalies hautement résistives, potentiellement causées par la présence de silice massive encaissée (résistive) dans des roches sédimentaires argileuses électriquement plus conductrices. Suite à ces levés, trois sections de 400m, réalisées en mode d'acquisition tomographique géoélectrique (Terrameter LS), ont été complétées en décembre 2015.

Compte tenu de l'omniprésence d'une couverture pédologique et de dépôts tertiaires ou quaternaires hétérogènes et du couvert forestier, les levés devaient également préciser le contexte géologique en identifiant si possible des contacts lithologiques et autres structures géologiques. Le levé électromagnétique Promis-10 a permis de localiser une bande de roches plus résistives correspondant à une unité géologique dominée par des grès et siltstones dans la partie NO et une bande plus conductrice dominée par des shales dans la partie SE de la carte. Les roches, de ces domaines de résistivité électrique contrastée, sont également caractérisées par des signatures plus magnétiques vers le NO et moins magnétiques vers le SE. La présence de dépôts saprolitiques hétérogènes complique l'interprétation des données magnétiques en produisant une multitude d'anomalies magnétiques de subsurface. Le système de veines hydrothermales du gîte de silice de Roncevaux est localisé dans la zone de transition entre les deux domaines. Ceci suggérant une mise en place focalisée le long d'une zone fracturée suivant un contraste rhéologique entre grès et shales. L'examen des données de résistivité électrique apparente en profils (Promis-10) permet de localiser des anomalies reliées à la présence de veines de quartz. Plusieurs de ces anomalies sont présentes dans la partie centrale et SO du périmètre du levé géophysique de 2015. Ces dernières devraient faire l'objet de travaux d'exploration (excavation et forage).

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 11 |
| 1.1 LOCALISATION | 11 |
| 1.2 MILIEU PHYSIQUE | 14 |
| 1.3 CONDITIONS CLIMATIQUES | 16 |
| 1.4 GÉOLOGIE | 17 |
| 1.4.1 Travaux antérieurs | 17 |
| 2. TRAVAUX GÉOPHYSIQUES RÉALISÉS EN 2015 PAR L'INRS-ÉTÉ | 20 |
| 3. MÉTHODOLOGIE | 23 |
| 3.1 LEVÉS ÉLECTROMAGNÉTIQUES EN DOMAINE FRÉQUENTIEL | 23 |
| 3.1.1 Système Promis-10 (Iris Instruments) | 25 |
| 3.1.2 Sonde GEM-2 (Geophex) | 29 |
| 3.2 LEVÉ MAGNÉTOMÉTRIQUE | 31 |
| 3.3 LEVÉ DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE (TOMOGRAPHIE GÉOÉLECTRIQUE) | 32 |
| 3.3.1. PARAMÈTRES DU LEVÉ TERRAMETER-LS | 34 |
| 4. RÉSULTATS | 36 |
| 4.1 LEVÉ PROMIS-10 | 36 |
| 4.1.1 Localisation des sections | 36 |
| 4.1.2 Présentation des valeurs des composantes en phase et en quadrature pour la fréquence d'induction de 110Hz | 36 |
| 4.1.3 Présentation des valeurs de résistivité électrique apparente en sections | 39 |
| 4.1.4 Présentation des valeurs de résistivité électrique apparente en plan | 45 |
| 4.2 LEVÉ GEM2 | 52 |
| 4.2.1. Composante en phase | 55 |
| 4.2.2. Composante en quadrature (out of phase) : | 59 |
| 4.2.3 Valeurs de conductivité électrique : | 62 |
| 4.3 LEVÉ MAGNÉTOMÉTRIQUE | 64 |
| 4.3.1. Station de base magnétique | 64 |
| 4.3.2. Susceptibilité magnétique | 65 |
| 4.3.3. Données magnétométriques | 68 |
| 4.3.3.1 Interférence de la ligne électrique d'Hydro-Québec | 69 |
| 4.3.3.4 Données magnétométriques des lignes 0 à 600 | 70 |

| | |
|---|----|
| 4.3.5. Données magnétométriques présentées en plan | 73 |
| 4.3.5.1 <i>Dérivées verticales première et seconde du champ magnétique total</i> | 77 |
| 4.3.5.2 <i>Filtrage des données du champ magnétique total par la méthode du tilt derivative</i> | 79 |
| 4.3.5.3 <i>Continuation verticale vers le haut</i> | 81 |
| 4.4 LEVÉ DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE (IMAGERIE TOMOGRAPHIQUE GÉOÉLECTRIQUE) | 85 |
| 5. DISCUSSION ET CONCLUSION | 92 |
| 5.1. RECOMMANDATIONS | 94 |
| 6. RÉFÉRENCES | 96 |
| ANNEXES | 97 |

TABLE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1. Localisation du gîte de silice de Roncevaux situé au sud-ouest de la municipalité de Ste-Florence dans le territoire non organisé du ruisseau Ferguson (MRC d'Avignon). | 11 |
| Figure 2. Localisation de la propriété Roncevaux, de Uragold Bay Resources inc. , située au sud-ouest de la municipalité de Ste-Florence (Matapédia). | 12 |
| Figure 3. Carte de localisation de la propriété Roncevaux Et géologie régionale simplifiée (source carte interactive du MERNQ 2016). | 13 |
| Figure 4. Carte topographique modifiée du secteur de la propriété Roncevaux. | 15 |
| Figure 5. Photographies de terrain montrant les variations de relief observées le long de la ligne électrique d'Hydro-Québec. La photo B montre la position de la station de base 1 (RTK) prise à partir de la position d'une répétitrice RTK située vers le sud-est. | 16 |
| Figure 6. Carte simplifiée de la géologie et de la distribution spatiale des échantillons de la campagne d'exploration d'Uragold Bay Resources de 2014. La position des tranchées et les descriptions géologiques proviennent du rapport de Barette (2003). | 19 |
| Figure 7. Carte de localisation du périmètre du levé géophysique et des lignes coupées en forêt. La localisation précise des tranchées I à VI (GPS RTK) est indiquée sur le plan. Notez la présence de la ligne électrique de haute puissance d'Hydro-Québec dans la partie Sud-Ouest de la carte. | 21 |
| Figure 8. Installation de la station de base RTK au sommet de la ligne d'Hydro-Québec (A) et répétitrice radio RTK installée près de la tranchée V de la propriété Roncevaux. | 22 |
| Figure 9. Variation de la pénétration verticale (volume d'intégration) en fonction de la fréquence d'induction électromagnétique des systèmes électromagnétiques en domaine de fréquence de type Promis10 et GEM2 . Notez que les basses fréquences sont beaucoup plus pénétratives que les hautes fréquences. | 24 |
| Figure 10. Dispositif d'induction électromagnétique avec boucles d'émission (émetteur) et de réception (Rx) montrant le processus de pénétration du champ électromagnétique dans le sol. | 24 |
| Figure 11. Système d'induction électromagnétique Promis-10 de | |

| | |
|--|----|
| Iris Instruments (Photo : Iris Instruments). | 26 |
| Figure 12. Principales constituantes de l'émetteur et console du récepteur du système Promis-10. | 26 |
| Figure 13. Courbes calculées de la profondeur maximale théorique de détection d'un corps conducteur en fonction de la résistivité électrique moyenne des roches encaissantes. Courbes calculées pour un levé de type EM fréquentiel. Notez la très faible profondeur de détection pour un milieu très conducteur (ex. 10 Ohm-m). | 28 |
| Figure 14. Diagramme montrant l'évolution des composantes en phase et en quadrature lors d'un levé FDEM avec émetteur-récepteur espacé de 50m et en géométrie coplanaire horizontale. L'unité de subsurface est une saprolite d'altération située au-dessus des unités de roches sédimentaires. Figure modifiée de Sharma (1997). | 29 |
| Figure 15. Sonde d'induction électromagnétique GEM-2 multifréquences, couplée à un système de positionnement DGPS sub-métrique. | 30 |
| Figure 16. Magnétomètre-gradimètre GSM19-WG de GEM system (Canada). | 32 |
| Figure 17. Photographies montrant les équipements utilisés pour un levé de résistivité électrique avec le système ABEM Terrameter-LS. | 33 |
| Figure 18. Variabilité des composantes en phase (In Phase) et en quadrature (Out of Phase) pour une fréquence d'induction de 110Hz (lignes 400 à 600). | 37 |
| Figure 19. Variabilité des composantes en phase (In Phase) et en quadrature (Out of Phase) pour une fréquence d'induction de 110Hz (lignes 400 à 600). | 38 |
| Figure 20. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 56320Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, 450 500 et 600. | 41 |
| Figure 21. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 14080Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, | |

| | |
|---|----|
| 450 500 et 600. | 42 |
| Figure 22. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 3520Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, 450 500 et 600. | 43 |
| Figure 23. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 110Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, 450 500 et 600. | 44 |
| Figure 24. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 mesurées à une fréquence d'induction de 110Hz. La localisation des tranchées I à VI est indiquée pour souligner la présence des zones de veines de quartz de Roncevaux. La localisation des piquets au 12,5m est indiquée par des cercles vides. Projection de la carte en utm-nad83. | 47 |
| Figure 25. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 Mesurées à une fréquence d'induction de 410Hz. Projection de la carte en utm-nad83. | 48 |
| Figure 26. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 Mesurées à une fréquence d'induction de 1760Hz. Projection de la carte en utm-nad83. | 49 |
| Figure 27. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 Mesurées à une fréquence d'induction de 7040Hz. Projection de la carte en utm-nad83. | 50 |
| Figure 28. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 mesurées à une fréquence d'induction de 28160Hz. Projection de la carte en utm-nad 83. | 51 |
| Figure 29. Variation de la valeur du nombre d'induction calculée pour différentes fréquences d'induction pouvant être générées par la sonde GEM2 de Geophex. Les courbes sont calculées pour des résistivités du terrain de 10, 100, 1000 et 10000 Ohm-m. | 53 |
| Figure 30 Carte montrant la variabilité spatiale de l'interférence de 60Hz dans le périmètre du levé GEM2. Notez le fort signal vers le SO de la carte en se rapprochant de la ligne d'Hydro-Québec. | 54 |

| | |
|---|----|
| Figure 31. Carte de la variabilité spatiale de la composante en phase mesurée pour une fréquence d'induction à 1530Hz. L'interpolation spatiale a été réalisée par krigeage à l'aide du logiciel Oasis Montaj (Geosoft). Notez que les hautes valeurs mesurées, près de la ligne électrique d'Hydro-Québec, sont affectées par une interférence. | 56 |
| Figure 32. Carte de la variabilité spatiale de la composante en phase mesurée pour une fréquence d'induction à 6030Hz. L'interpolation spatiale a été réalisée par krigeage à l'aide du logiciel Oasis Montaj (Geosoft). Notez une diminution de l'interférence près de la ligne électrique d'Hydro-Québec. | 57 |
| Figure 33. Carte de la variabilité spatiale de la composante en phase mesurée pour une fréquence d'induction à 6030Hz. L'interpolation spatiale a été réalisée par krigeage à l'aide du logiciel Oasis Montaj (Geosoft). Notez la forte atténuation de l'interférence près de la ligne électrique d'Hydro-Québec. | 58 |
| Figure 34. Variabilité spatiale des valeurs de la composante en quadrature pour les fréquences d'induction de 1530 et 6030Hz. | 60 |
| Figure 35. Variabilité spatiale des valeurs de la composante en quadrature pour la fréquence d'induction de 14550Hz. | 61 |
| Figure 36 Variabilité spatiale des valeurs de la conductivité électrique apparente calculée pour l'ensemble des fréquences d'induction, | 62 |
| Figure 37. Variabilité spatiale des valeurs de la conductivité électrique apparente calculée pour la fréquence d'induction de 1530Hz. | 63 |
| Figure 38. Variabilité du champ magnétique total mesuré par la station de base GSM19 située sur la propriété Roncevaux. Les journées du 6 et 7 octobre 2015 sont présentées sur cette figure. | 64 |
| Figure 39. Comparaison des données de susceptibilité magnétique mesurées sur les échantillons de roches sédimentaires et de veines de quartz de la propriété Roncevaux. | 66 |
| Figure 40. Histogrammes de comparaison des données de susceptibilité magnétique mesurées sur les échantillons de roches sédimentaires et de veines de quartz de la propriété Roncevaux. | 66 |
| Figure 41. Variation de la susceptibilité magnétique en fonction de la granulométrie de deux échantillons de quartz broyés au laboratoire de L'INRS (tranchées II et VI). | 68 |
| Figure 42. Champ magnétique secondaire induit par les lignes de | |

| | |
|--|----|
| transport électrique d'Hydro-Québec. La ligne passant près de la propriété Roncevaux est de 315Kv. | 69 |
| Figure 43 Sections des données du champ magnétique total et du gradient magnétique mesuré pour les lignes 0 à 250. Les lignes débutent au SE et se terminent au NO. | 71 |
| Figure 44. Sections des données du champ magnétique total et du gradient magnétique mesuré pour les lignes 300 à 600. Les lignes débutent au SE et se terminent au NO. La position approximative des veines de quartz (observées dans les tranchées) est indiquée sur les sections des lignes 350, 450, 500 et 600. | 72 |
| Figure 45. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total. Données interpolées par krigeage. | 74 |
| Figure 46. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total corrigées au pôle. Données interpolées par krigeage. | 75 |
| Figure 47 Variabilité spatiale des valeurs du gradient magnétique mesuré. Données interpolées par krigeage. | 76 |
| Figure 48. Variabilité spatiale des valeurs de la dérivée verticale première du champ magnétique total corrigé au pôle. Données interpolées par krigeage. | 78 |
| Figure 49. Variabilité spatiale des valeurs de la dérivée verticale seconde du champ magnétique total corrigé au pôle. Données interpolées par krigeage. | 79 |
| Figure 50. Variabilité spatiale des valeurs du <i>Tilt Derivative</i> du champ magnétique total corrigé au pôle. Données interpolées par krigeage. | 80 |
| Figure 51. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total corrigé au pôle et après une procédure de prolongation vers le haut de 100m. Données interpolées par krigeage | 83 |
| Figure 52. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total corrigé au pôle et après une procédure de prolongation vers le haut de 200m. Données interpolées par krigeage. | 84 |
| Figure 53. Section de résistivité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne 350. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux. | 86 |

- Figure 54.** Section de chargeabilité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne 350. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux. 87
- Figure 55.** Section de résistivité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne 450. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux. 88
- Figure 56.** Section de chargeabilité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne 450. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux. 89
- Figure 57.** Section de résistivité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne 600. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux. 90
- Figure 58.** Section de chargeabilité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne 600. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux. 91

1. INTRODUCTION

1.1 LOCALISATION

La propriété Roncevaux, d'Uragold-Bay Resources (UBR), est localisée dans la région de la Gaspésie administrative de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (Fig. 1) à environ sept cent kilomètres de Montréal et quatre cent soixante (460) kilomètres de Québec. Des ports de mer, comme ceux de la région de Carleton-sur-mer au Sud et de Matane au Nord sont situés à moins de cent vingt kilomètres de la propriété. La propriété, située sur des terres publiques, est incluse dans la carte topographique NTS 22B/03 (1 :50 000). Quoique accessible via la municipalité de Ste-Florence (Matapédia), la propriété est située dans le territoire non organisé du Ruisseau Ferguson faisant partie de la MRC d'Avignon.

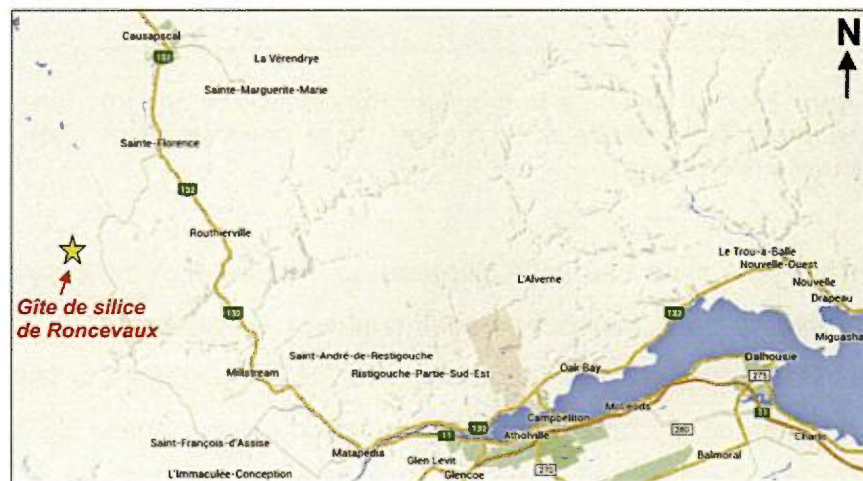


Figure 1. Localisation du gîte de silice de Roncevaux situé au sud-ouest de la municipalité de Ste-Florence dans le territoire non organisé du ruisseau Ferguson (MRC d'Avignon).

La propriété est constituée de trente-trois (33) claims miniers désignés sur carte (CDC) et totalise une superficie de 1895,76 hectares (**Fig. 2**). Ces claims sont situés dans un secteur forestier accessible par des chemins forestiers.

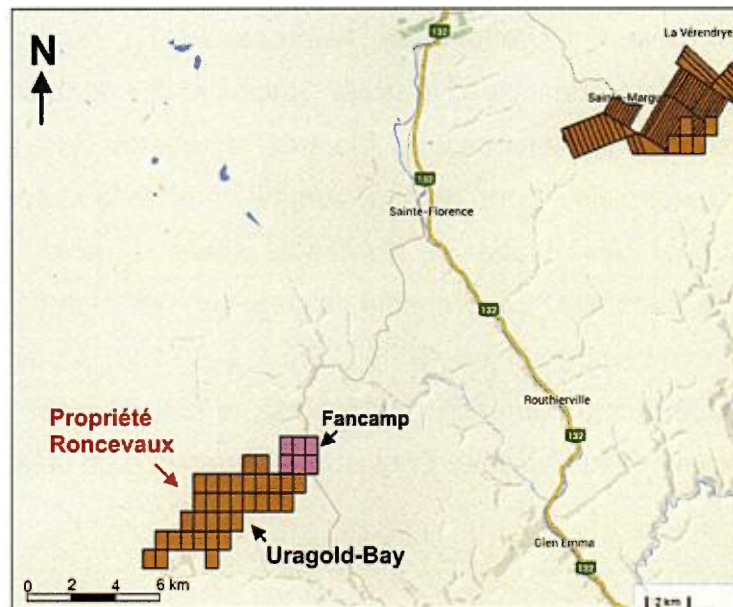


Figure 2. Localisation de la propriété Roncevaux, de Uragold Bay Resources inc. , située au sud-ouest de la municipalité de Ste-Florence (Matapédia).

Le gîte est contenu dans une unité siliceuse, constituée d'un système de veines de quartz injecté dans les roches sédimentaires dévoniennes du Groupe de Fortin (**fig. 3**). La propriété est située à environ 8 km au SE de la faille de Ste-Florence qui marque le contact entre les roches de la Formation de York River au Nord et du Groupe de Fortin au Sud. L'extrémité NE de la propriété Roncevaux borde une propriété de 6 cellules de Fancamp Exploration Ltd Cette dernière contient un indice aurifère (indice du ruisseau Knobler) associé à de l'injection de veines de quartz hydrothermal situées au voisinage d'une faille de décrochement dextre orientée (N300/85).

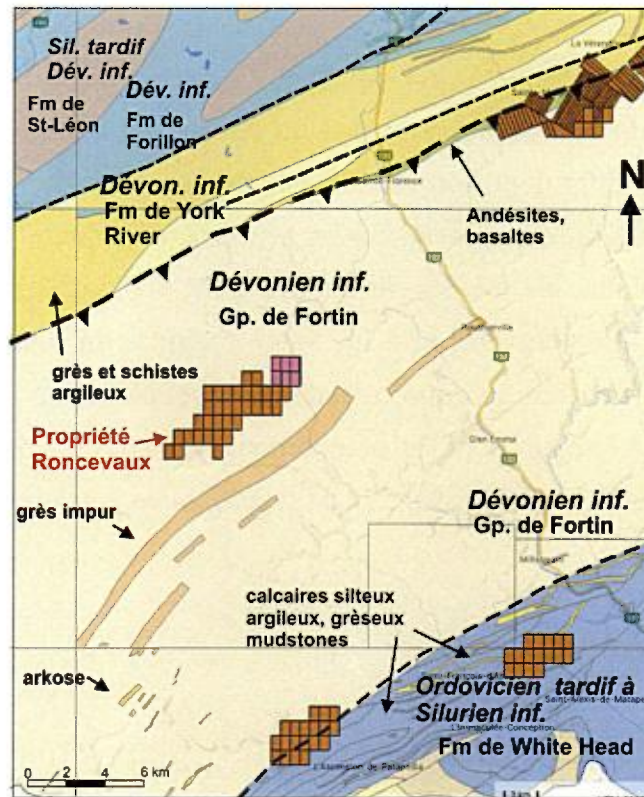


Figure 3. Carte de localisation de la propriété Roncevaux et géologie régionale simplifiée (source carte interactive du MERNQ 2016)

Le secteur est accessible en suivant le rang 2 de Matalik situé à l'ouest de la route 132 dans la municipalité de Ste-Florence (**Fig. 4**). Le site est actuellement dans un secteur d'implantation d'un vaste parc éolien (parc éolien Roncevaux) situé en grande partie sur le territoire non organisé du ruisseau Ferguson (MRC d'Avignon). Le principal promoteur de ce projet est la compagnie Invenergy Wind Canada qui s'est joint à la coentreprise Alliance Éolienne de l'Est. La coentreprise est composée de la Société Énergie Éolienne Bas-Saint-Laurent, s.e.n.c., composée des huit MRC du Bas-Saint-Laurent et de la Première Nation Malécite de Viger, et de la Régie intermunicipale de l'Énergie Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, composée des six MRC de la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine.

1.2 MILIEU PHYSIQUE

Dans le secteur de Roncevaux, le relief du terrain est escarpé et constitué de plusieurs crêtes qui forment des vallées encaissées (Fig. 5). Certaines collines atteignent une altitude de plus de 500m et localement jusqu'à 650m (Fig. 4). Dans la zone d'étude, les dépôts de surface sont principalement composés de dépôts de pente et d'altération et à un degré moindre de dépôts glaciaires. La forêt occupe l'essentiel de la zone d'étude. Les peuplements forestiers les plus abondants dans le secteur sont les peuplements mélangés à dominance feuillue et à dominance résineuse (Fig. 5a), les pessières et les sapinières.

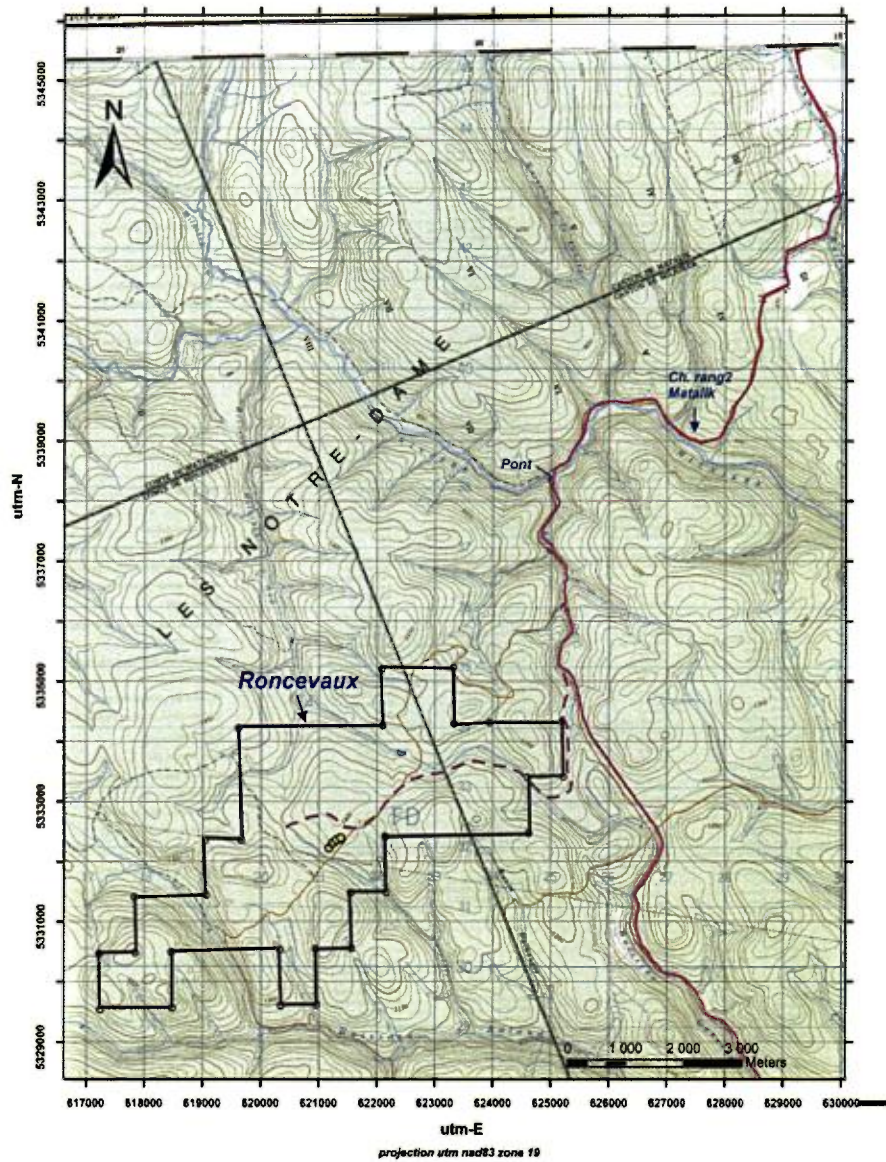


Figure 4. Carte topographique modifiée du secteur de la propriété Roncevaux.

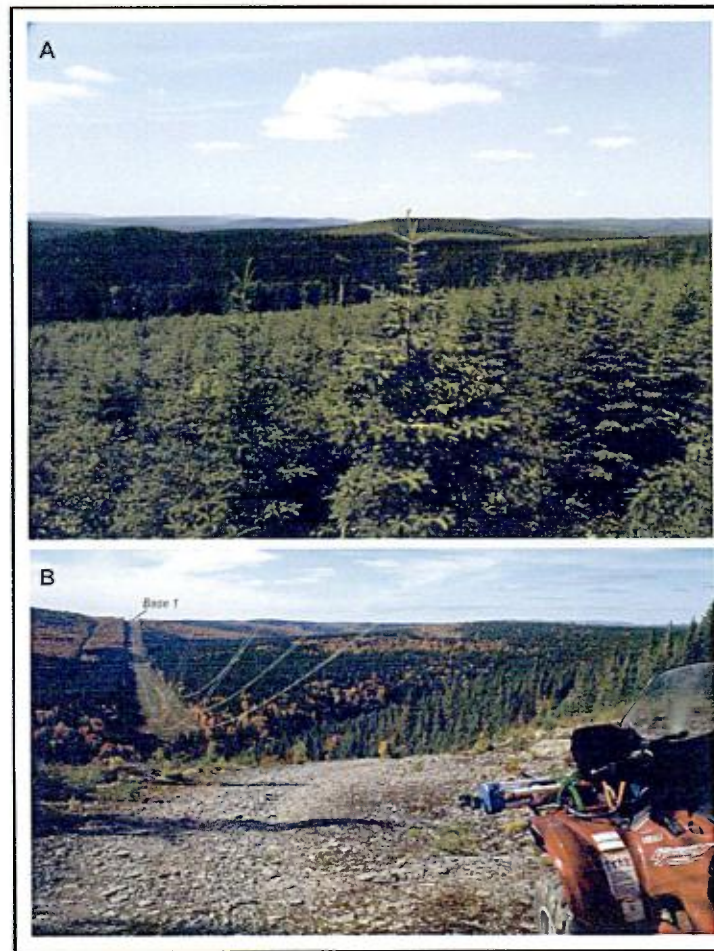


Figure 5. Photographies de terrain montrant les variations de relief observées le long de la ligne électrique d'Hydro-Québec. La photo B montre la position de la station de base 1 (RTK) prise à partir de la position d'une répétitrice RTK située vers le sud-est.

1.3 CONDITIONS CLIMATIQUES

Les conditions météorologiques, enregistrées à la station météorologique de Saint-Alexis-de-Matapédia (données de 1981 à 2010), indiquent une température moyenne annuelle de 2,4°C et des précipitations moyennes annuelles de 1 129 mm.

1.4 GÉOLOGIE

La propriété Roncevaux est située dans les roches dévoniennes du Groupe de Fortin (**Fig. 3**). Les roches sédimentaires sont majoritairement constituées de shales (**Fig. 5c**), mudstones et siltstones (**Fig. 5b**) et de grès (**Fig. 5a**). Ces roches sont séparées de celles de la Formation de York River (situées vers le NO) par la faille inverse de Ste-Florence qui est le principal élément structural du secteur (**Fig. 3**). Le degré de déformation des roches du secteur Roncevaux est élevé et se reflète par la présence de roches sédimentaires plissées, faillées et cisailées. Ces roches sédimentaires montrent de fortes schistosités (**Fig. 5b et c**). Les cisaillements sont généralement orientés vers le Sud-Ouest avec des pendages variables de 45 à 85° (Barette, 2003 - GM 60610). Des brèches tectoniques sont également observées en bordure des veines de quartz. Les veines de quartz sont affectées par la déformation et sont probablement plissées ce qui pourrait expliquer l'épaississement des veines observé en certains endroits. Quoique généralement d'apparence massive, les veines de quartz sont localement hôtes d'enclaves de roches sédimentaires. Ces veines avec enclaves pouvant atteindre jusqu'à 20 % de fragments de roches sédimentaires font généralement moins de trente (30) centimètres d'épaisseur (Barette, 2003 - GM 60610).

1.4.1 Travaux antérieurs

Les premiers travaux, cités dans les données disponibles du gouvernement du Québec (série des GM), remontent aux travaux de terrain réalisés par le prospecteur Beaulieu en 1992. Ce dernier évalua sommairement les veines mais les travaux les plus significatifs sont ceux réalisés par J.P. Barette en 2002 et ayant fait l'objet d'un rapport détaillé en 2003 (**GM 60610**). Dans ce rapport, il est fait mention de veines de quartz observées sur 340m de longueur selon un axe SO-NE et d'une épaisseur variable de 3 à 12m (**Fig. 6**). Une estimation

préliminaire de ressources historiques présumées¹, calculée par Barette (GM 60610), et basée sur la géométrie des veines observées en surface et de l'examen de cinq tranchées suggéra la présence d'environ 414700 tonnes de quartz en assumant une continuité verticale (profondeur) de 50m (GM 60610). Quoique ces veines de quartz n'aient pas été forées, il est probable que la continuité verticale de ces veines soit plus élevée. Toutefois, une campagne de sondage serait nécessaire afin d'évaluer le potentiel du gîte de silice.

En plus du potentiel en silice de la propriété Roncevaux, le secteur possède un potentiel aurifère démontré par la présence de l'indice aurifère du Ruisseau Knoble situé à l'extrémité NE de la propriété (sur les claims limitrophes de Fancamp Exploration Ltée). Les données du MERN rapportent la présence d'or associée à des veines de quartz de 3 à 4m d'épaisseur avec dissémination de pyrite, chalcopryrite, arsénopyrite et galène. Des concentrations en or de 0,56 à 4,66 g/T ont ainsi été rapportées. Ces veines sont associées à des shales et mudstones avec altérations en chlorite-carbonates de fer. Les anciens travaux de prospection, réalisés à 3 km au sud de Roncevaux, ont aussi rapporté la présence d'indices aurifères avec des concentrations allant de 1,5 à 8,3 g/T (Au). Ces observations démontrent le potentiel aurifère de ce secteur.

¹ Notez que l'estimation de Barette (2003 : GM 60610) est donnée à titre indicatif. Elle est basée sur un modèle conceptuel ne rencontrant pas les critères d'une ressource minérale tel que définis dans les normes de l'ICM et du NI-43-101 sur les définitions des ressources et des réserves minérales.

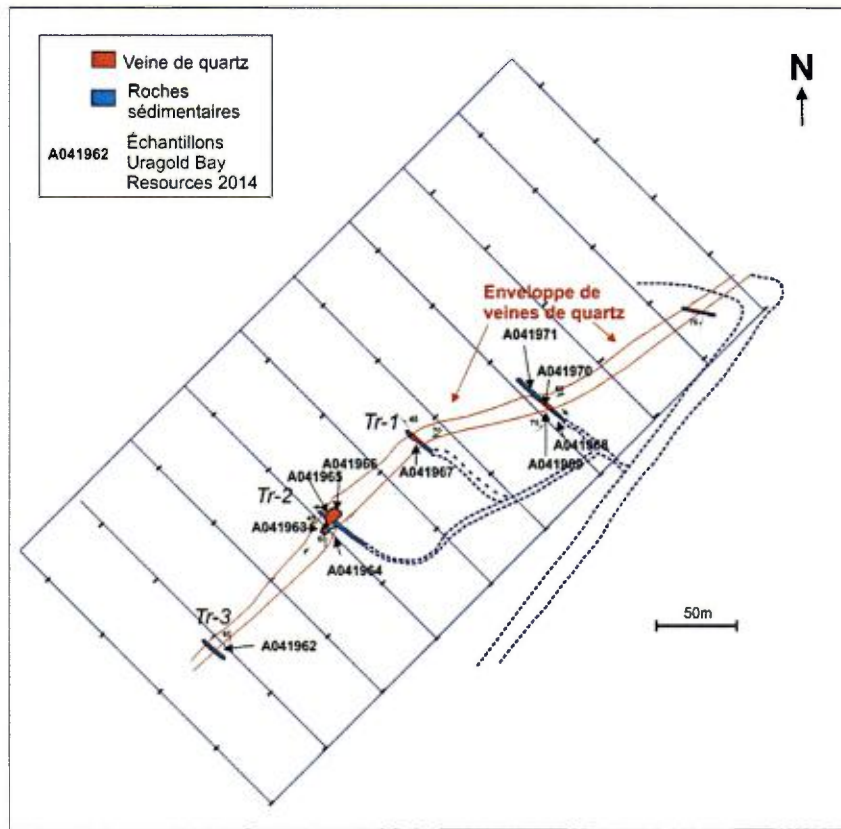


Figure 6. Carte simplifiée de la géologie et de la distribution spatiale des échantillons de la campagne d'exploration d'Uragold Bay Resources de 2014. La position des tranchées et les descriptions géologiques proviennent du rapport de Barette (2003).

Une équipe dirigée par le géologue Steven Lauzier (OGQ # 1430) a procédé en 2014 à un ré-échantillonnage des anciennes tranchées de la propriété Roncevaux. L'équipe de terrain a prélevée des blocs d'une dizaine de kilogramme représentatifs de la partie centrale des veines. Ces échantillons ont par la suite été acheminés aux laboratoires de l'INRS pour une caractérisation géochimique et au laboratoire d'Activation Labs (Ancaster, Ontario) pour l'analyse des éléments majeurs par la technique de fluorescence-X.

2. TRAVAUX GÉOPHYSIQUES RÉALISÉS EN 2015 PAR L'INRS-ETE

Deux levés d'induction électromagnétique en domaine fréquentiel, un levé magnétométrique au sol et 4 sections tomographiques géoélectriques ont été réalisés en octobre 2015 le long du réseau de ligne (**Fig. 7**). Le premier levé d'induction électromagnétique (levé Promis-10), d'une forte pénétration verticale, a été réalisé en utilisant un espacement émetteur-récepteur (Tx-Rx) de 50m. Ce levé a été effectué par une équipe formée de Franck Simard et Tanya Juair. Le second levé (levé GEM2), de plus faible pénétration mais de plus haute résolution spatiale (sub-métrique), a été réalisé, par Tanya Juair. Lors de ce levé la sonde Gem2 de Geophex était couplée en temps réel à un DGPS Trimble (AGPS) de précision sub-métrique. Chaque station de mesure du levé Promis-10 a été localisée à l'aide d'un système DGPS de résolution sub-métrique.

La grille des levés géophysiques est composée de 12 lignes d'environ 250m de longueur (**Fig. 7**). Des lignes perpendiculaires situées aux extrémités du périmètre ont été coupées afin de faciliter le déplacement des équipements et de l'équipe technique. La **figure 8** montre la ligne électrique HT d'Hydro-Québec potentiellement interférente et la station de base RTK utilisée à Roncevaux.

Les levés, effectués sur la propriété Roncevaux, ont été optimisés pour permettre de détecter la présence probable d'unités résistives qui auraient pu être causées par la présence de veines de quartz massives encaissées dans des roches sédimentaires plus conductrices. En plus de l'exploration du quartz sur la propriété, les levés devaient permettre d'améliorer la compréhension de la géologie de la propriété qui est compliquée par la présence de dépôts quaternaires et par un faible degré d'exposition du socle rocheux.

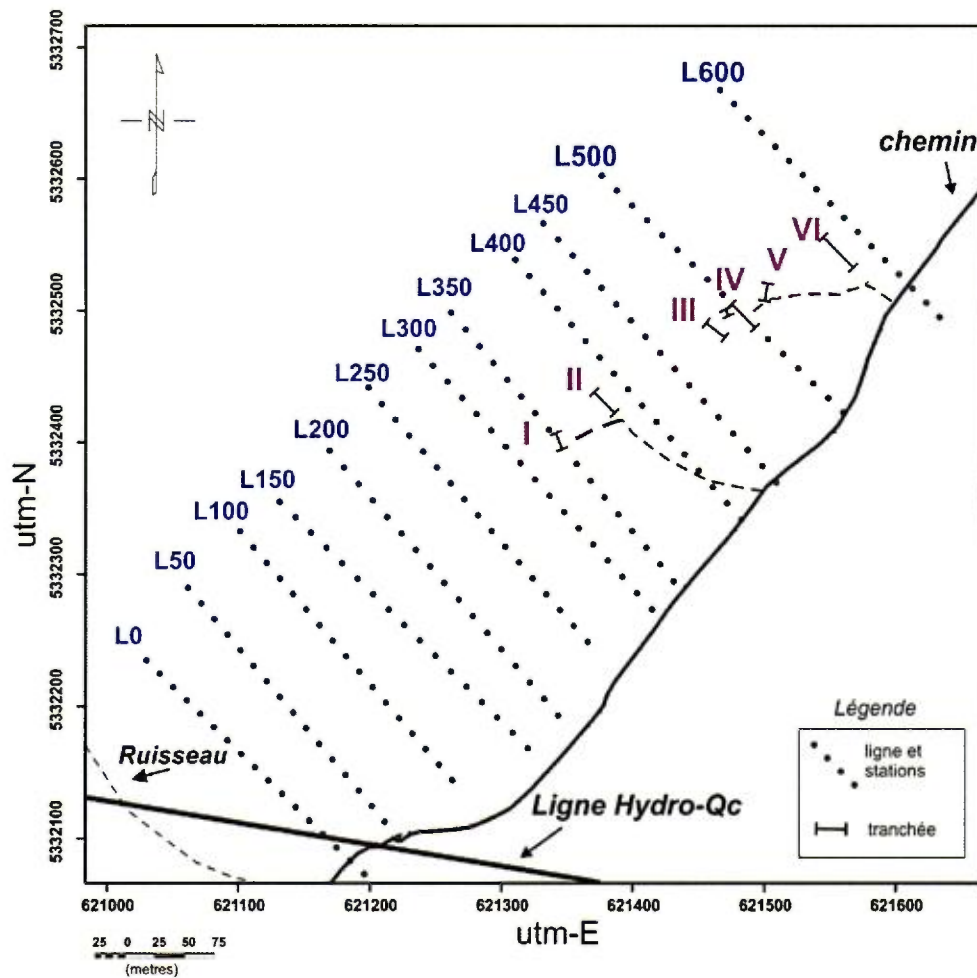


Figure 7. Carte de localisation du périmètre du levé géophysique et des lignes coupées en forêt. La localisation précise des tranchées I à VI (GPS RTK) est indiquée sur le plan. Notez la présence de la ligne électrique de haute puissance d'Hydro-Québec dans la partie Sud-Ouest de la carte.



Figure 8. Installation de la station de base RTK au sommet de la ligne d'Hydro-Québec (A) et répéteur radio RTK installée près de la tranchée V de la propriété Roncevaux.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 LEVÉS ÉLECTROMAGNÉTIQUES EN DOMAINE FRÉQUENTIEL

Les levés électromagnétiques (EM) sont principalement utilisés pour détecter et cartographier les variations de conductivité électrique dans les unités géologiques. Des applications environnementales sont aussi possibles, la technologie pouvant permettre, par exemple, d'établir des contrastes hydrogéologiques et d'identifier des zones contaminées.

Les levés EM sont de deux types : levé EM en domaine de fréquence et levé EM en domaine de temps. Les systèmes Promis 10 (Iris Instruments) et GEM2 (Geophex) utilisés sur la propriété Roncevaux permettent tous les deux d'effectuer des levés EM du premier type.

Dans le système GEM2, la distance entre l'émetteur et le récepteur est fixée à 1,67m et la pénétration verticale du signal électromagnétique atteint au plus 25m de profondeur. Par contre, la distance entre l'émetteur et le récepteur du système Promis 10 peut atteindre 200m lorsque le dégagement sur le terrain le permet. Dans le cas présent, cette distance a été fixée à 50m le long des lignes. La profondeur maximale de pénétration du signal électromagnétique correspond à environ 75% de la distance entre l'émetteur et le récepteur lorsque les unités rocheuses sont relativement conductrices et à 125% lorsque les unités sont plus résistives. Ainsi, la profondeur maximale d'investigation du présent levé a été maintenue entre 38 et 63m.

La fréquence du signal électromagnétique a une influence sur la pénétration verticale des levés EM en domaine de fréquence et ce sont les basses fréquences qui montrent la plus forte pénétration. Les figures 9 et 10 illustrent bien la pénétration des ondes électromagnétiques dans un milieu isotrope. Dans un système EM classique, le champ électromagnétique oscillatoire émis par l'émetteur (Tx) provoque la formation de courants primaire (en phase) et secondaire (en quadrature) dont l'intensité sera enregistrée par le récepteur (Rx) (Fig. 10). En général, la composante en phase répond promptement aux fortes valeurs de susceptibilité magnétique des matériaux et à la présence de très forts conducteurs électriques comme des structures métalliques. Par contre, la composante en quadrature est fortement contrôlée par les variations de conductivité électrique dans les sols et dans les roches.

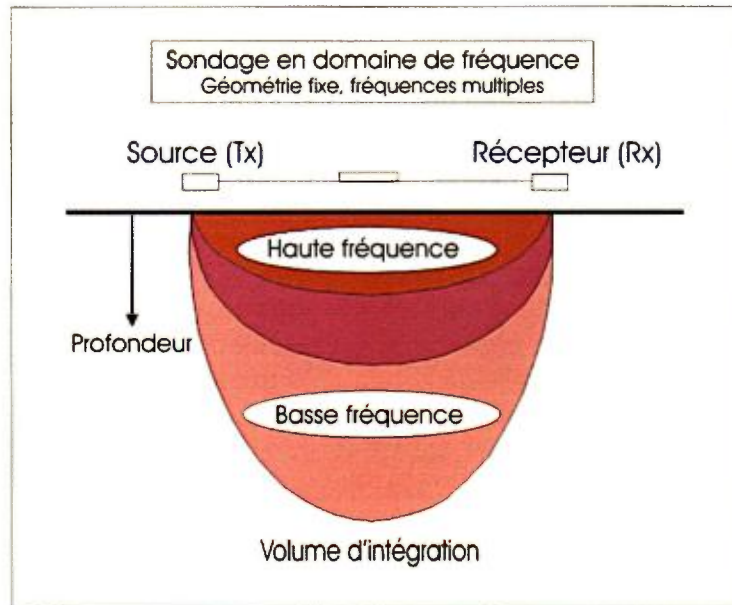


Figure 9. Variation de la pénétration verticale (volume d'intégration) en fonction de la fréquence d'induction électromagnétique des systèmes électromagnétiques en domaine de fréquence de type Promis10 et GEM2 . Notez que les basses fréquences sont beaucoup plus pénétratives que les hautes fréquences.

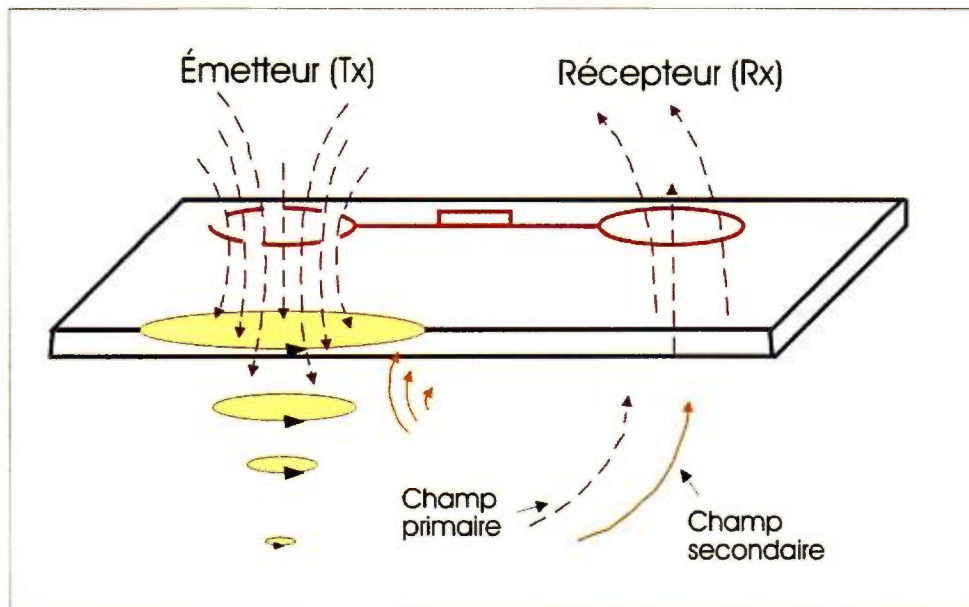


Figure 10. Dispositif d'induction électromagnétique avec boucles d'émission (émetteur Tx) et de réception (récepteur Rx) montrant le processus de pénétration du champ électromagnétique dans le sol et la génération de courants et champs magnétiques secondaires enregistrés par le récepteur.

3.1.1 Système Promis-10 (Iris Instruments)

Le système Promis-10 est une nouvelle technologie développée par Iris Instruments (France) (Fig. 11 et 12). Pour certains aspects, il ressemble à la plus ancienne technologie du Max-Min développée par Apex Parametrics. Comparativement au système Max-Min 1-8, le Promis-10 permet l'induction d'un champ électromagnétique caractérisé par de hautes fréquences pouvant atteindre 28 160 Hz et 56 320 Hz en plus des fréquences plus usuelles de 110 Hz, 220 Hz, 440 Hz, 880 Hz, 1 760 Hz, 3 520 Hz, 7 040 Hz et 14 080 Hz. Notez que les hautes fréquences permettent l'investigation de la proche surface. De plus, une des caractéristiques propres au système Promis-10 est la possibilité de mesurer les champs magnétiques secondaires selon 3 axes, x, y et z, ce qui peut permettre la résolution de problèmes géométriques plus complexes.

Le moment magnétique est un indicateur de la puissance du champ magnétique généré par la bobine d'induction du système. Plus les fréquences utilisées sont basses, plus la valeur du moment magnétique sera élevée (voir tableau suivant) et plus grande sera la pénétration verticale, de sorte que le rapport signal / bruit de fonds obtenu sera meilleur et plus facile à interpréter.

| <u>fréquence</u> | <u>moment magnétique</u> |
|------------------|--------------------------|
| 110 Hz | 253332 mA.m ² |
| 220 Hz | 250670 mA.m ² |
| 440 Hz | 245658 mA.m ² |
| 880 Hz | 237544 mA.m ² |
| 1760 Hz | 222995 mA.m ² |
| 3520 Hz | 157917 mA.m ² |
| 7040 Hz | 110471 mA.m ² |
| 14080 Hz | 59888 mA.m ² |
| 28160 Hz | 29951 mA.m ² |
| 56320 Hz | 14996 mA.m ² |

L'émetteur du système Promis-10 peut être manipulé en position horizontale (figures 11) ou verticale. Dans le cas présent, le dispositif a été maintenu en position horizontale pour maximiser la profondeur d'investigation.

Système Promis-10 (Iris Instruments)



Figure 11. Système d'induction électromagnétique Promis-10 de Iris Instruments (Photo : Iris Instruments).

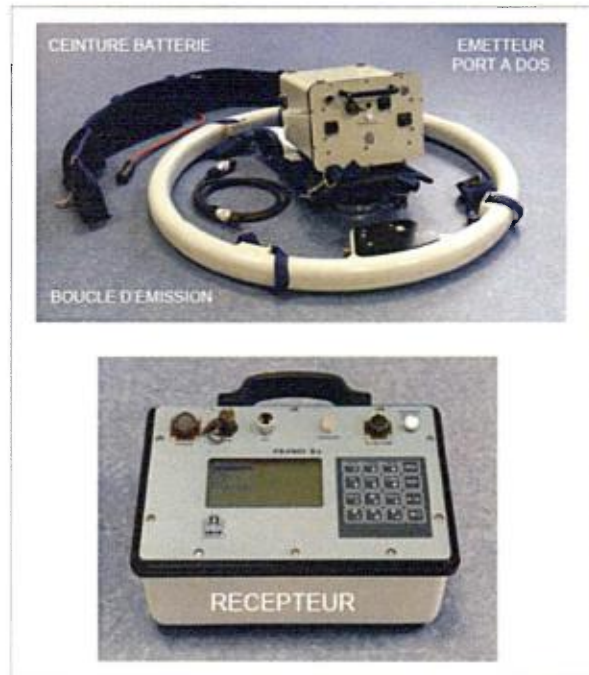


Figure 12. Principales constituantes de l'émetteur et console du récepteur du système Promis-10.

Le système Promis-10 est basé sur l'électromagnétisme en domaine fréquentiel. L'émetteur (Tx) produit un courant variable sinusoïdal a une fréquence donnée. En circulant dans une boucle d'induction, ce courant produit un champ

magnétique également d'amplitude variable. Ce dernier pénètre dans le sol et le roc et induit dans des matériaux conducteurs la formation de courants électriques secondaires (courants de Foucault) auxquels sont associés une composante magnétique secondaire détectable par le récepteur (Rx) du Promis-10. Le système passe automatiquement d'une fréquence d'induction à une autre ce qui permet la mesure de données sur 10 bandes de fréquence (de 110 à 56320Hz). Les composantes en phase (*in phase*) et en quadrature (*out of phase*) enregistrées par le récepteur sont extraites électroniquement et présentées en %. Dans le domaine fréquentiel, la profondeur et la taille du conducteur affectent principalement la composante secondaire (quadrature ou *out of phase*) tandis que la qualité du conducteur affecte fortement le ratio entre les amplitudes des composantes en phase et en quadrature (*out of phase*). Un bon conducteur aura donc un ratio *In phase / Out of phase* élevé.

Sur une base théorique nous pouvons estimer la profondeur maximale de détection d'un corps conducteur. La figure suivante montre les effets de la résistivité électrique du milieu encaissant et de la fréquence d'induction électromagnétique utilisée sur la profondeur maximale de détection (Fig. 13). Ces profondeurs sont calculées dans un contexte idéal sans bruits de fond ou autres limitations instrumentales (puissance etc.). Pour un terrain argileux très conducteur (ex. 10 Ohm-m), la profondeur pour la fréquence d'induction de 110Hz n'est que de 30m et pour la fréquence maximale d'induction du Promis-10 (56320Hz) la profondeur n'est que de 1,3m. Pour une résistivité électrique de 100 Ohm-m, plus normale pour les Appalaches, la profondeur maximale de détection serait de 95 mètres à 110Hz et de 4 mètres à 56320Hz. Finalement, pour un terrain plus résistif (ex. 1000 Ohm-m) tel qu'observé dans le Dévonien du Témiscouata (équivalent du Gp de Fortin à Roncevaux), la profondeur maximale serait de 300m à 110Hz et de 13m à 56320Hz. Évidemment, ces profondeurs d'investigations sont idéalisées et lors d'un levé de terrain la présence de bruits électromagnétiques (lignes électriques) et les limitations électriques et électroniques de l'instrumentation vont résulter en de plus faibles profondeurs de détection.

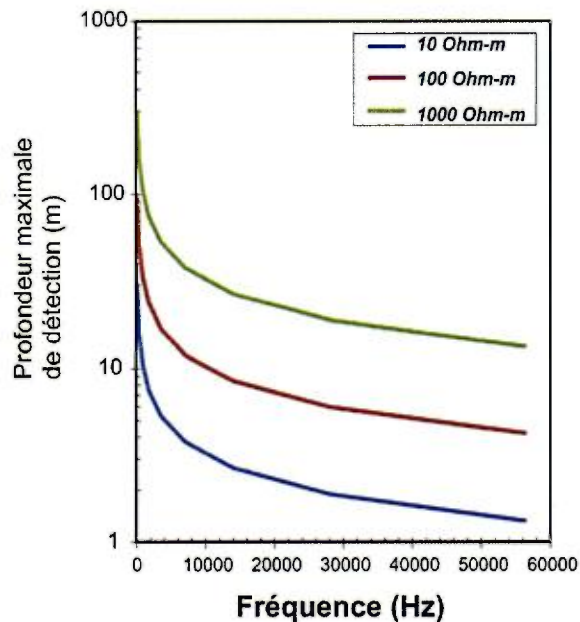


Figure 13. Courbes calculées de la profondeur maximale théorique de détection d'un corps conducteur en fonction de la résistivité électrique moyenne des roches encaissantes. Courbes calculées pour un levé de type EM fréquentiel. Notez la très faible profondeur de détection pour un milieu très conducteur (ex. 10 Ohm-m).

Notez que pour un levé EM en domaine fréquentiel, avec bobines de transmission et de réception coplanaires et subhorizontales, les composantes en phase et en quadrature vont systématiquement diminuées lorsque les mesures se font au-dessus d'un conducteur sub-vertical encaissé dans des roches plus résistives. Le pic maximal sera situé au-dessus du corps conducteur. Pour un plus faible pendage d'un corps tabulaire conducteur, la forme du pic anormale sera asymétrique et ce surtout pour des pendages inférieurs à 50° .

La composante en phase tend à augmenter avec la conductivité électrique du terrain et la composante imaginaire (quadrature) tend à diminuer. La figure suivante, modifiée de **Sharma (1997)**, montre un exemple d'un levé FDEM réalisé dans un contexte de roches sédimentaires montrant des alternances entre quartzites (résistives) et schistes (conducteurs) (**Fig. 14**). Ce contexte ressemble en partie à celui de Roncevaux. La composante en phase (In phase) montre de forts pics négatifs de quadrature (*out of phase*) au-dessus des schistes et des valeurs plus élevées au-dessus des quartzites résistives. La composante en phase montre également cette tendance mais l'amplitude des fosses négatives est moindre. Cette figure démontre que la méthode FDEM de type Promis-10 est appropriée pour la détection d'unités géologiques résistives comme les quartzites et pour détecter des bandes de shales ou de schistes.

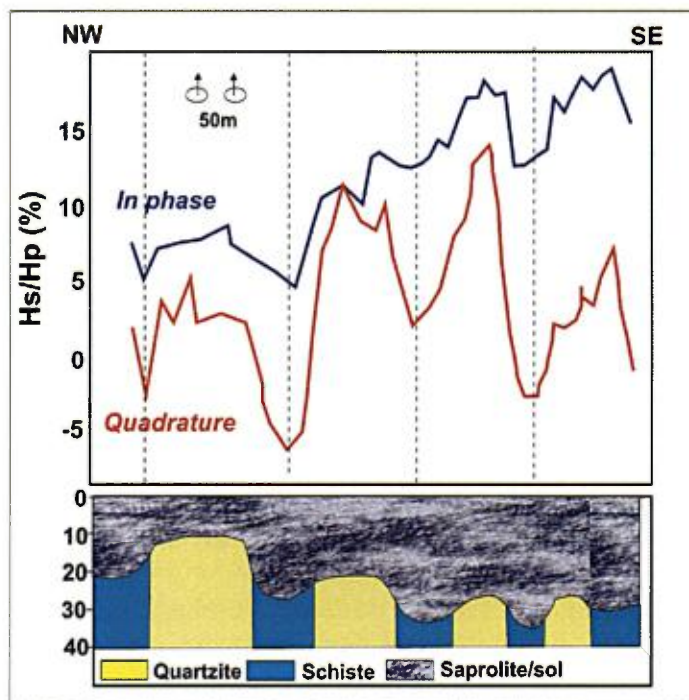


Figure 14. Diagramme montrant l'évolution des composantes en phase et en quadrature lors d'un levé FDEM avec émetteur-récepteur espacé de 50m et en géométrie coplanaire horizontale. L'unité de subsurface est une saprolite d'altération située au-dessus des unités de roches sédimentaires. Figure modifiée de Sharma (1997).

3.1.2 Sonde GEM-2 (Geophex)

La sonde GEM-2 est compacte et légère. La distance entre l'émetteur T_x et le récepteur R_x est de seulement 1,67 m (Fig. 15). La sonde GEM-2 possède un port de communication DB9 (RS232) permettant l'acquisition d'un signal GPS simultanément à l'enregistrement des données instrumentales. Dans le meilleur des cas, la sonde GEM-2 peut acquérir les données à une fréquence de 30 Hz (jusqu'à 30 mesures par seconde). Dans le cas présent, le nombre d'itérations a été augmenté pour chaque mesure, ce qui augmente la stabilité du signal mesuré (une mesure par 0,5 seconde).

La sonde GEM-2 a la particularité de pouvoir émettre plusieurs fréquences simultanément (de 300Hz à 96 000Hz) et de mesurer simultanément les champs magnétiques secondaires associés à la circulation des courants de Foucault dans le sol. Cette caractéristique permet théoriquement d'investiguer des profondeurs variables des matériaux présents en sub-surface. Ainsi, les faibles fréquences pénètrent plus profondément et les hautes plus superficiellement. La sonde GEM2 a été utilisée afin de vérifier la présence potentielle de matériaux conducteurs et aussi de documenter des contrastes de susceptibilité magnétique pouvant souligner le contact entre une veine de quartz et une roche sédimentaire.



Figure 15. Sonde d'induction électromagnétique GEM-2 multifréquences, couplée à un système de positionnement DGPS sub-métrique.

3.2 LEVÉ MAGNÉTOMÉTRIQUE

Dans ce projet, nous avons utilisé un magnétomètre-gradimètre de type GSM-19 de type *walking mag and grad* (GEM Systems) (Fig. 16). Les options de l'appareil permettent une opération en mode continu (*walking mag and walking grad*) et ou discontinu (*mobile mag and grad*). L'appareil utilise le principe de l'effet Overhauser pour accentuer la polarisation des protons. Contrairement aux magnétomètres classiques à protons, la cellule de ce magnétomètre contient un radical libre ainsi qu'un générateur de radiofréquence (RF) qui permet de perturber le couplage électron-proton. En saturant les lignes de résonance des électrons libres, la polarisation des protons est plus efficace. Ce phénomène se traduit par la production de signaux plus intenses et ce malgré la présence de détecteurs sensiblement plus petits (utilisant moins d'énergie). De plus, le système de détection de l'appareil est plus tolérant à de fortes variations du champ magnétique.

Compte tenu de la nature forestière du périmètre du levé et surtout de la haute densité des arbres, les données magnétométriques ont été prélevées en mode station. Les tentatives de mesures GPS avec terme correctif Omnistar ont été infructueuses avec des erreurs de positionnement majeures. L'espacement des stations de mesure a été fixé à 6,25m pour assurer une couverture magnétique de haute résolution de l'ensemble du périmètre du levé magnétométrique.

Le transfert sur ordinateur PC de ces données requière l'utilisation du logiciel de transfert (GSM35) développé par *GEM systems*. Les données du champ magnétique total ont été corrigées pour tenir compte de l'effet de dérive du champ magnétique terrestre lors du levé. Pour ce faire, nous avons utilisé une station de base (magnétomètre) de type GSM-19 fonctionnant en mode automatique (une mesure aux 4 secondes). Ces données ont été utilisées pour corriger les fluctuations reliées aux variations diurnes du champ magnétique terrestre. Dans des conditions idéales, la sensibilité de l'appareil est de 0,01 nT et en fonction d'écarts considérables de température cette sensibilité peut atteindre 0,2 nT.



Figure 16. Magnétomètre-gradimètre GSM19-WG de GEM system (Canada).

3.3 LEVÉ DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE (TOMOGRAPHIE GÉOÉLECTRIQUE)

Le levé de résistivité électrique a été réalisé en mode d'imagerie tomographique géoélectrique. Pour ce faire, quatre câbles multi-connecteurs de 100m de longueur chacun (totalisant 400 m) avec espacement des électrodes aux 5 m ont été utilisés avec le système Terrameter-LS à 12 canaux d'ABEM (Suède) (**figure 17**). Des électrodes en acier inoxydable de 50 cm de longueur ont été utilisées pour le levé. Localement, deux et parfois même trois électrodes ont été utilisées en raison de mauvaises résistances de contact électrique avec le sol (i.e. présence de tills quaternaires très secs). Pour améliorer la transmission du courant électrique dans certaines zones résistives, les électrodes ont de plus été arrosées avec une solution d'eau et de sel. Des batteries nautiques de haute capacité (12V chacune) ont été utilisées comme source d'énergie.

Le système Terrameter-LS d'ABEM est automatisé et permet l'acquisition de plusieurs milliers de mesures lors de la réalisation d'une section. Une image tomographique, des valeurs de résistivité électrique, est obtenue après inversion des données acquises à l'aide des logiciels ZONDRES2D et ou RES2DINV. Un potentiomètre Ground Tester 6470 a été utilisé pour vérifier les données de résistivité électrique de sub-surface obtenues suite à l'inversion des données de résistivité électrique apparente et pour mesurer la résistivité électrique du sol entre 0 et 1 m de profondeur. Bien que le Terrameter-LS possède un GPS interne, le positionnement de chacune des électrodes a été mesuré à l'aide d'un GPS différentiel et d'un altimètre. La **figure 17** montre le dispositif ABEM Terrameter LS utilisé par l'INRS pour réaliser ce type de levé.



Figure 17. Photographies montrant les équipements utilisés pour un levé de résistivité électrique avec le système ABEM Terrameter-LS.

3.3.1. PARAMÈTRES DU LEVÉ TERRAMETER-LS

- **géométrie du dispositif source:**
 - « gradient » (*multiple potential gradient method*) sur câbles multi-connecteurs
- **géométrie du dispositif récepteur :** linéaire (câbles multi-connecteurs)
- **espacement entre les stations Rx:** 100 m
- **espacement entre les électrodes :** 5 m
- **caractéristiques de la source d'énergie utilisée :**
 - source électrique (2 batteries nautiques 12 V)
- **réglage des filtres d'enregistrement :**
 - filtre 60 Hz activé, car lignes électriques dans le secteur de Roncevaux
- **cartes topographiques:**
 - les travaux ont été réalisés sur le feuillet SNRC 22B/03.

Pour ce levé, le mode d'acquisition Gradient-Plus (protocole « *multiple potential gradient method* » d'ABEM) a été utilisé afin d'obtenir une bonne résolution spatiale et un rapport pic / bruit de fond élevé. Ce dispositif permet la réalisation d'un levé relativement rapide en prenant avantage des nombreux canaux d'acquisition du Terrameter-LS (version 12 canaux).

Le levé a été réalisé en mode « *roll-along* » pour maximiser la couverture spatiale des données profondes. Pour ce faire, le dispositif est déplacé de 100 mètres vers l'avant de la section, après chaque séquence d'acquisition. Les câbles et les électrodes d'un premier dispositif de 100 m sont ainsi repositionnés à la fin du dispositif suivant. Dans un mode d'acquisition « *roll-along* » la ligne d'acquisition des données d'une longueur initiale de 400 m passera donc progressivement à 500, 600, 700 m de longueur et ainsi de suite.

Le voltage maximum d'émission a été fixé à 600 volts et le nombre de répliqués à quatre. La précision du système de réception du signal mesuré par les électrodes de potentiel est de 0,1% et la reproductibilité de l'ordre de 0,2%. La résolution du récepteur est de 3 nV pour une intégration de 1 seconde. La précision de l'émetteur de courant est de 0,1% et la reproductibilité de 0,2%.

Le logiciel ZondRES2D a été utilisé pour le traitement des données et leurs inversions. Les résultats des calculs sont présentés sur une échelle logarithmique (ohm-m) et les distances horizontales et verticales sont exprimées en mètres. L'interprétation des sections tomographiques géoélectriques a été validée, dans la mesure du possible, par des observations géologiques locales (affleurement, grandes tranchées) et pédologiques ainsi que par quelques mesures de résistivité électrique ponctuelles de faible pénétration (0-1m) mesurées à l'aide d'un système Ground-Tester (modèle 6470). Ces mesures ponctuelles de subsurface ont été obtenues en fonction d'une configuration de 4 électrodes espacées de 2m. Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un protocole Wenner. Notez qu'au moment de rédiger ce rapport, aucune données de forage n'étaient disponibles.

Le levé de résistivité électrique ABEM Terrameter-LS est un levé géoélectrique de haute résolution puisqu'un grand nombre d'électrodes est impliqué et qu'un grand nombre de données de résistivité électrique sont acquises le long de chaque ligne. La configuration utilisée permet de produire des images tomographiques de la résistivité électrique du terrain. La profondeur d'investigation peut être estimée à partir de la longueur maximale des dipôles électriques utilisés pour l'injection du courant. En mode « gradient » la profondeur correspond à environ 20 % de la distance maximale entre les électrodes de courant. La profondeur d'investigation du levé effectué sur la propriété Roncevaux était d'environ 80-90m, puisque l'espacement maximal entre les électrodes était de 400m.

4. RÉSULTATS

4.1 LEVÉ PROMIS-10

4.1.1 Localisation des sections

Les lignes et le périmètre du levé Promis-10, réalisé sur la propriété Roncevaux, sont indiqués à la **figure 7**. Le positionnement des stations de mesure a été réalisé à l'aide de piquets numérotés et positionnés par chainage. La première ligne, située au SO, est celle de 0 et la dernière, située à l'extrémité NE, est la ligne 600. Notez que l'espacement moyen des lignes est de 50m et que la distance entre les deux dernières lignes du dispositif (500 et 600) est de 100m. La ligne 600 n'était pas initialement prévue dans le levé initial. Cette dernière a été ajoutée tardivement.

4.1.2 Présentation des valeurs des composantes en phase et en quadrature pour la fréquence d'induction de 110Hz

Les **figures 18 et 19** présentent les variations des composantes en phase et en quadrature observées, pour une fréquence de 110Hz, le long des 12 lignes du levé Promis-10 réalisé sur le site de Roncevaux. Afin de ne pas alourdir le texte, nous présenterons ici seulement les valeurs mesurées pour le levé le plus pénétratif, soit celui de 110Hz. Tel que normalement observé dans ce genre de levé, la composante en phase montre des valeurs généralement plus élevées que la composante en quadrature. Cette dernière ne montre pas la présence de fosses fortement négatives ce qui suggère l'absence de forts conducteurs sur le terrain.

Les valeurs de phase et de quadrature s'approchant de 1000% dans la première demie des lignes 50, 100 et 150 reflètent la présence d'un bruit électromagnétique puissant reliée à la présence de la ligne de haute tension d'Hydro-Québec. Malgré l'utilisation d'un filtre 60Hz, appliqué directement sur le système Promis-10, l'efficacité du filtre n'est pas parfait lorsque des données sont mesurées au voisinage de lignes électriques de très haute tension.

Conséquemment, il faut faire attention à l'interprétation des données provenant des mesures effectuées dans la première partie des lignes 50, 100 et 150.

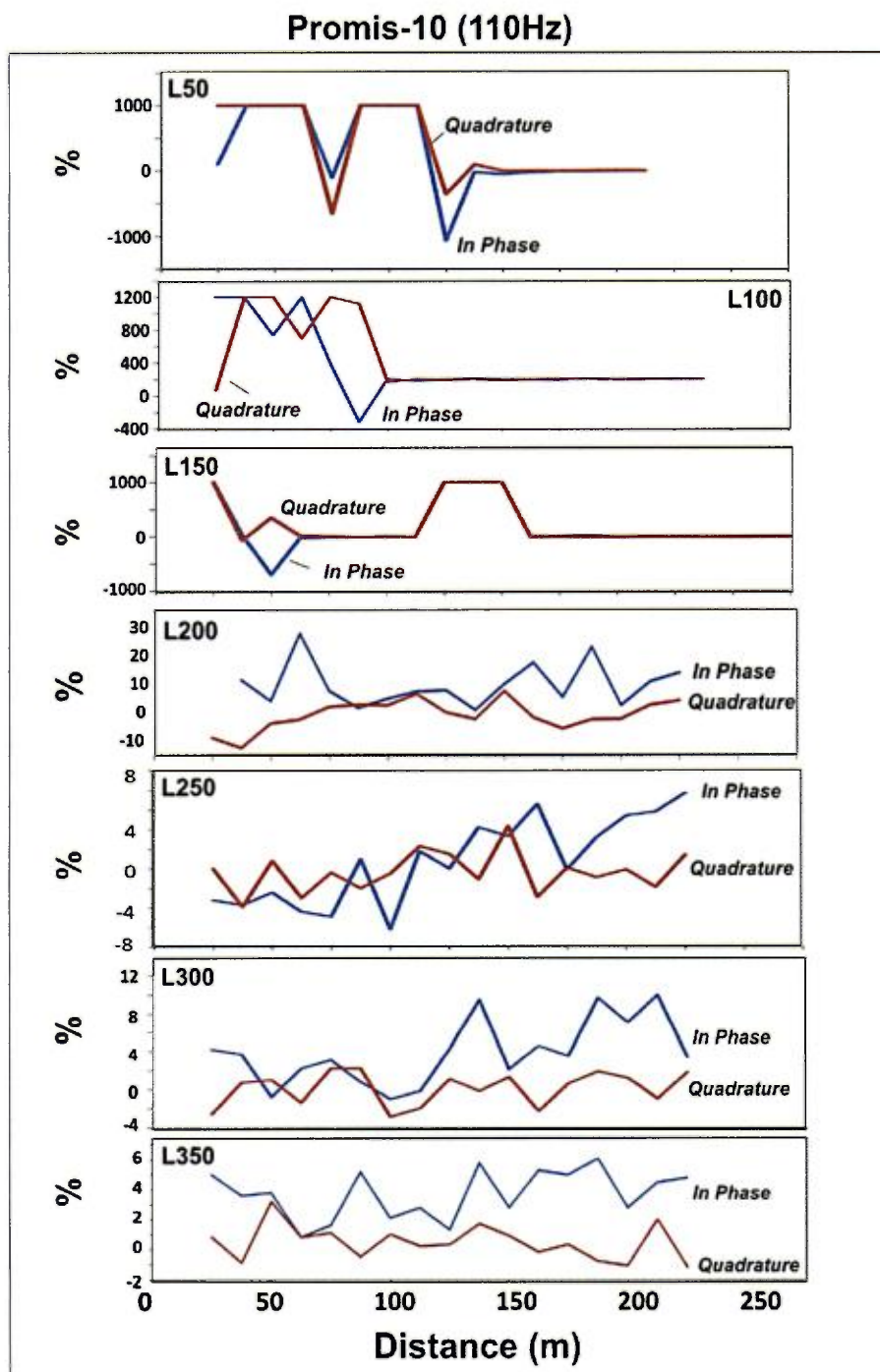


Figure 18. Variabilité des composantes en phase (In Phase) et en quadrature (Out of Phase) pour une fréquence d'induction de 110Hz (lignes 50 à 350).

Promis-10 (110Hz)

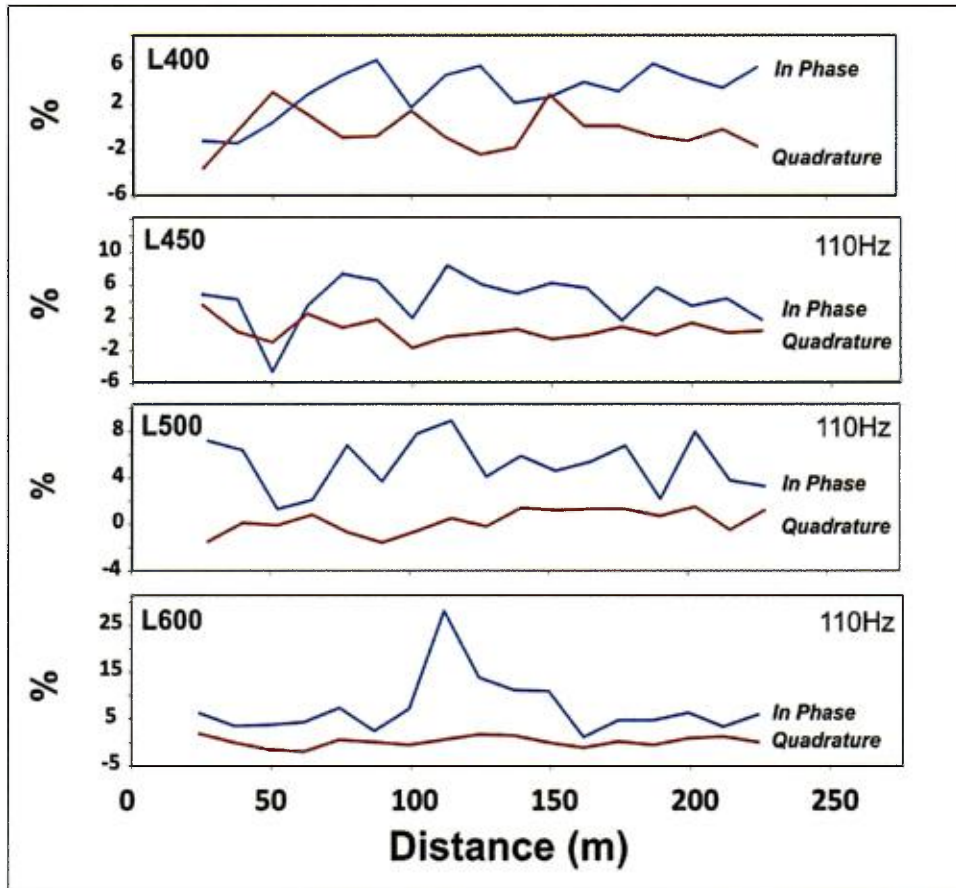


Figure 19. Variabilité des composantes en phase (In Phase) et en quadrature (Out of Phase) pour une fréquence d'induction de 110Hz (lignes 400 à 600).

4.1.3 Présentation des valeurs de résistivité électrique apparente en sections.

Le levé Promis-10 a été effectué en fixant l'espacement entre l'émetteur (Tx) et le récepteur (Rx) du Promis-10 à 50m. Cet espacement a été retenu afin de pouvoir évaluer les caractéristiques du terrain et ce dans une gamme de profondeur susceptible d'être rencontrée lors de l'exploitation à ciel ouvert d'un gîte de silice. De plus, la distance Tx-Rx a été limitée en fonction de la longueur maximale des lignes qui est de l'ordre de 250m sur la propriété Roncevaux. Entre chaque série de mesures, réalisées en mode stationnaire, le dispositif Tx-Rx a été avancé de 12,5m. Pour ce faire, l'opérateur du récepteur avançait vers un nouveau piquet de bois numéroté.

Le calcul des valeurs de résistivité électrique apparente assume un milieu isotrope donc homogène. Dans un contexte comme celui de Roncevaux, la présence d'un sol et possiblement d'une saprolite d'épaisseur variable au-dessus de roches sédimentaires implique un milieu relativement anisotrope. Toutefois, les valeurs de résistivité électrique apparente permettent souvent de caractériser sommairement le terrain. Dans le cas présent, l'on note une tendance bien marquée de valeurs plus résistives situées dans la seconde demie des lignes (de 100 à 250m). Cette tendance est observée dans l'ensemble des fréquences d'induction comme en témoigne les **figures 20 à 23** qui montrent la variabilité observée pour 4 des dix fréquences mesurées par le système Promis-10 (fréquences de 110, 3520, 14080 et de 56320Hz).

Pour faciliter l'interprétation des données de résistivité électrique apparente, la position des veines de quartz, observée dans les tranchées, est indiquée sur les **figures 20 à 23** par un rectangle rose. Par exemple, pour la haute fréquence d'induction de 56320Hz, les sections ne montrent pas de pic positif (zones très résistives) tel que normalement prévisible pour des roches résistives comme des quartzites massives ou des veines de quartz massives (**Fig. 20**). La zone de roches riches en silice est située dans une zone de transition entre un domaine peu résistif (vers le SE) et un domaine plus résistif (vers le NO). L'absence de

détection des veines de silice reflète vraisemblablement une très faible pénétration verticale dans le domaine des très hautes fréquences (**Fig. 20**). Il est probable qu'une grande partie de la signature de résistivité mesurée à 56320Hz reflète une variation de l'épaisseur du mort terrain, qui selon les excavations réalisées sur le terrain, semble plus importante dans la partie NO des lignes.

Contrairement à la haute fréquence de 56320Hz, les fréquences d'induction de 3520Hz (**Fig. 22**) et de 14080Hz (**Fig. 21**) montrent la présence de pics positifs soulignant un rehaussement local des valeurs de résistivité électrique apparente au-dessus des zones de quartz. Malgré l'ambiance relativement résistive du milieu ambiant, ces pics sont généralement clairement définis. Ceci démontre la possibilité de détecter des unités de quartz dans ce genre de terrain résistif. La présence d'autres pics positifs sur les sections suggère la possibilité de trouver d'autres unités de quartz sur la propriété. En raison de l'absence de tranchées ou de forages dans ces secteurs et d'une épaisseur de mort-terrain plus importante nous ne pouvons vérifier si les autres pics anormaux correspondent à des zones riches en quartz.

**Résistivité électrique apparente (Ohm-m)
-56320Hz-**

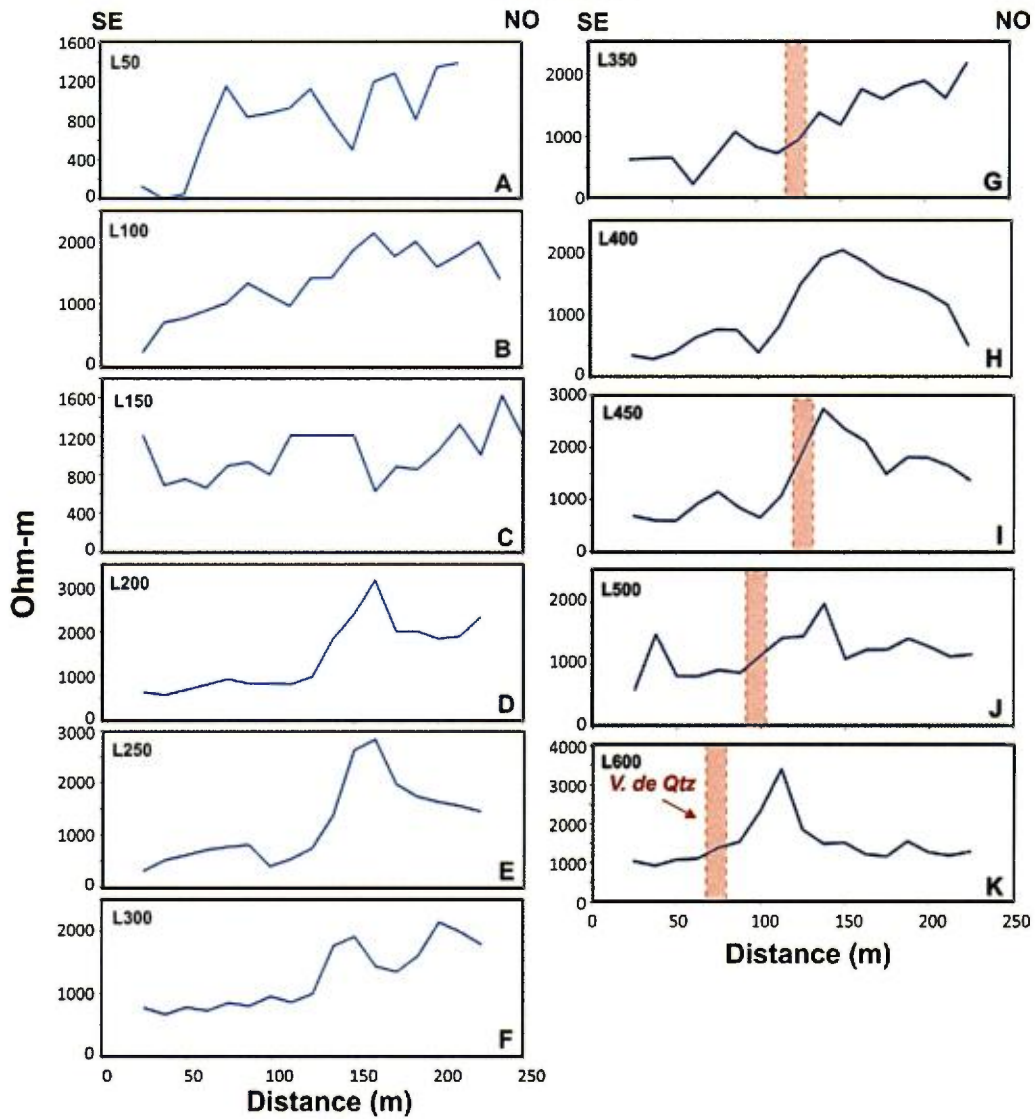


Figure 20. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 56320Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, 450 500 et 600.

Résistivité électrique apparente (Ohm-m) -14080Hz-

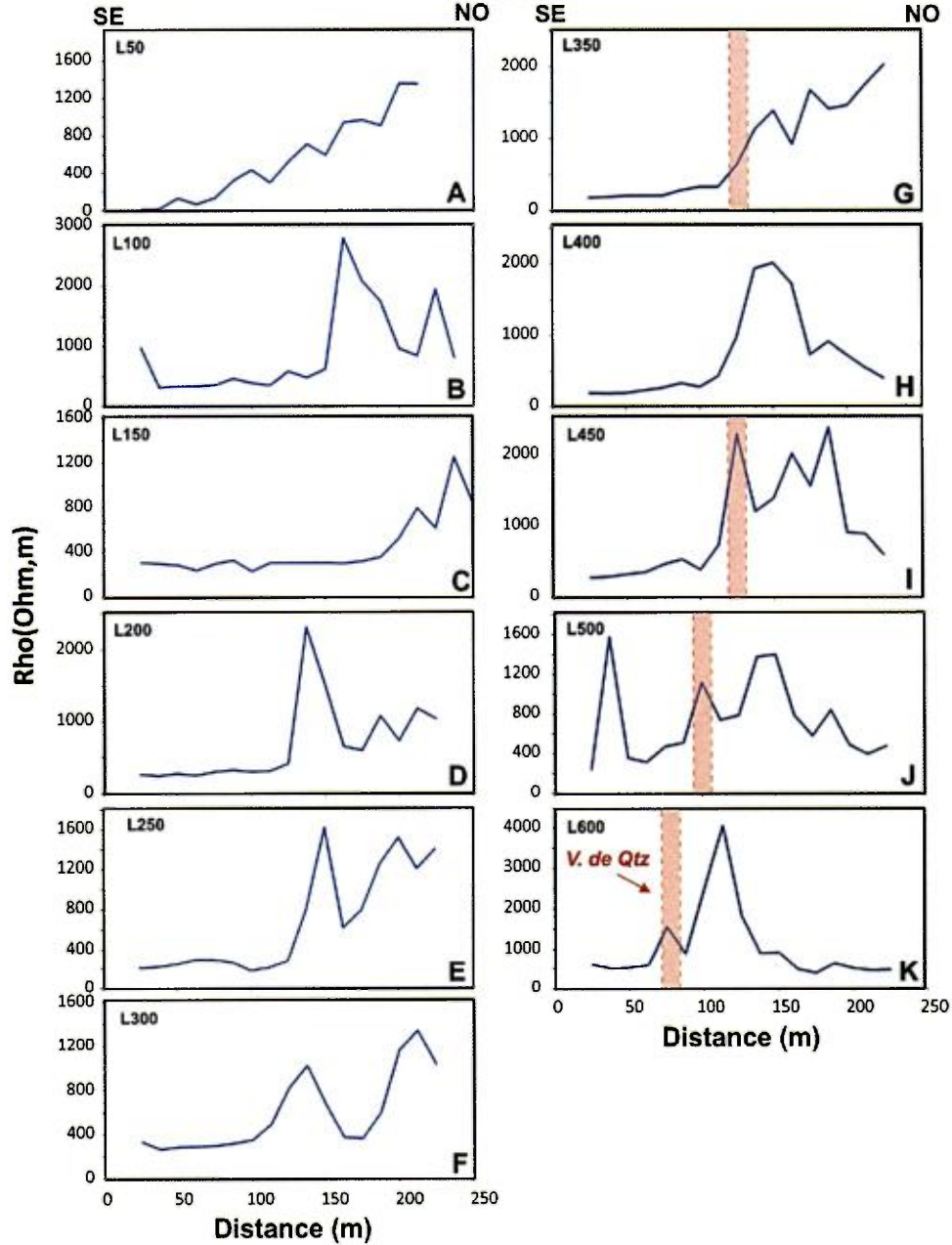


Figure 21. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 14080Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, 450 500 et 600.

**Résistivité électrique apparente (Ohm-m)
-3520Hz-**

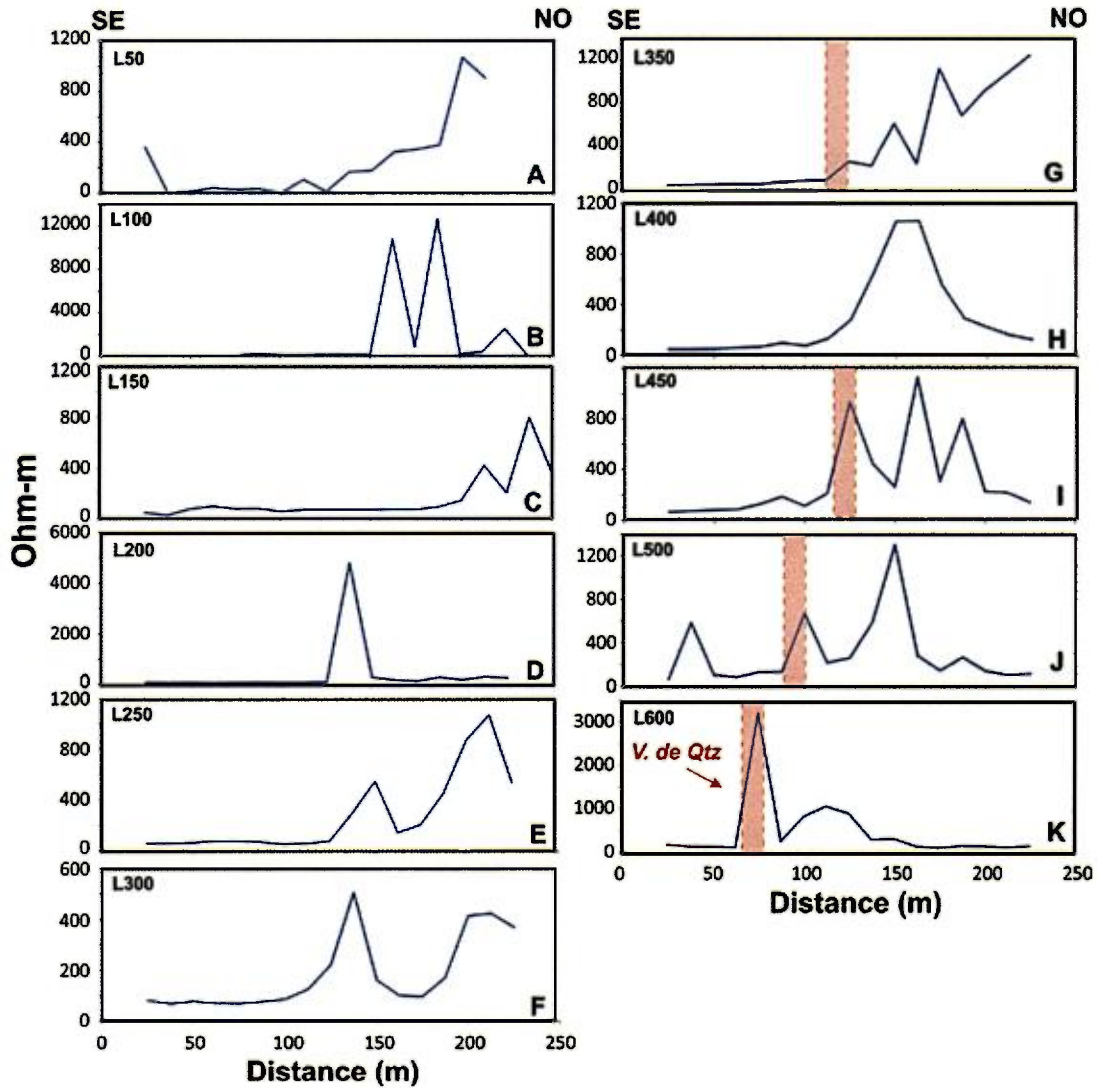


Figure 22. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 3520Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, 450 500 et 600.

Résistivité électrique apparente (Ohm-m) -110Hz-

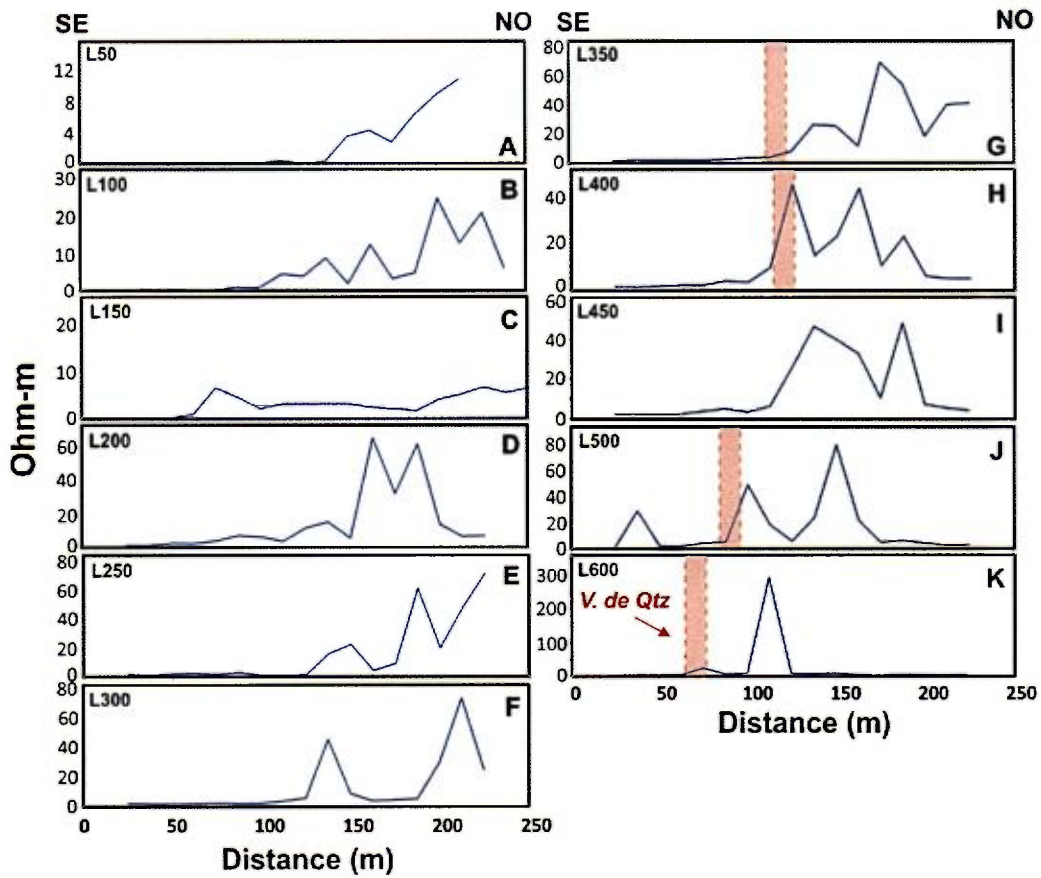


Figure 23. Variabilité des valeurs de résistivité électrique apparente mesurées, le long des sections 50 à 600, pour une fréquence d'induction de 110Hz. La position des veines de quartz dans les tranchées est indiquée sur les diagrammes des lignes 350, 450 500 et 600.

4.1.4 Présentation des valeurs de résistivité électrique apparente en plan.

Les cartes des données de résistivité électrique apparente (REA) sont présentées pour les fréquences de 110, 440, 1760, 7040, 28160Hz (Fig. 24 à 28). Ces cinq fréquences d'induction permettent de visualiser la variabilité spatiale d'un sous échantillonnage représentatif de l'ensemble données de résistivité électrique apparente mesurées dans le périmètre du levé géophysique de Roncevaux. Les interpolations ont été faites par krigeage à partir du logiciel Oasis-Montaj (Geosoft).

Indépendamment de la fréquence d'induction utilisée, ces cartes montrent certaines grandes tendances spatiales. Premièrement, le début des lignes (vers le SE) est marqué par de très faibles valeurs de REA suggérant la présence d'une unité électriquement plus conductrice (Fig. 24 à 28). L'examen du terrain, dans ce secteur, montre une proportion plus importante de shales (mudstones) et siltstones par rapport aux grès. Cette observation est compatible avec les faibles valeurs de REA observées en début de ligne. De plus, en plusieurs endroits le long du chemin qui borde l'extrémité SE du périmètre, l'épaisseur de mort terrain est faible et localement négligeable comme en témoigne la présence de petits affleurements dans des parties érodées du chemin de terre (zones de ruissellement). Ceci implique que les signatures moins résistives observées en début de ligne sont reliées aux caractéristiques du roc et non pas à celles du mort-terrain. A l'opposé, les demies NO des lignes montrent systématiquement des valeurs plus résistives (Fig. 24 à 28). Les caractéristiques morphologiques du mort terrain étant relativement constante sur le terrain (selon les observations des tranchées), cette variabilité témoignerait de la présence d'unités géologiques plus résistives. Selon nos observations de terrain, des unités dominées par des grès (avec un peu de siltstones) seraient responsables de la nature plus résistive du terrain. Notez toutefois que des unités calcaires pourraient aussi rendre le terrain plus résistif. Toutefois, nous n'avons pas observé d'unités calcaires dans le secteur de Roncevaux.

Dans l'ensemble les cartes des figures 24 à 28 montrent que les tranchées et les zones de veines de quartz sont systématiquement alignées dans la zone de transition entre un domaine très résistif (vers le NO) et un domaine plus conducteur vers le SO. À priori, ceci suggérerait un contrôle rhéologique lors des processus de déformation et de fracturation des roches responsables de la mise en place des veines de quartz. Lors des déformations acadiennes, il est probable que les unités plus conductrices (shales) aient enregistré une déformation plus ductile par rapport au grès (roches du domaine plus électriquement résistif). La zone de transition, entre les deux domaines, aurait été une zone propice à la fracturation des roches et à l'injection des fluides hydrothermaux responsables de la formation des veines de quartz.

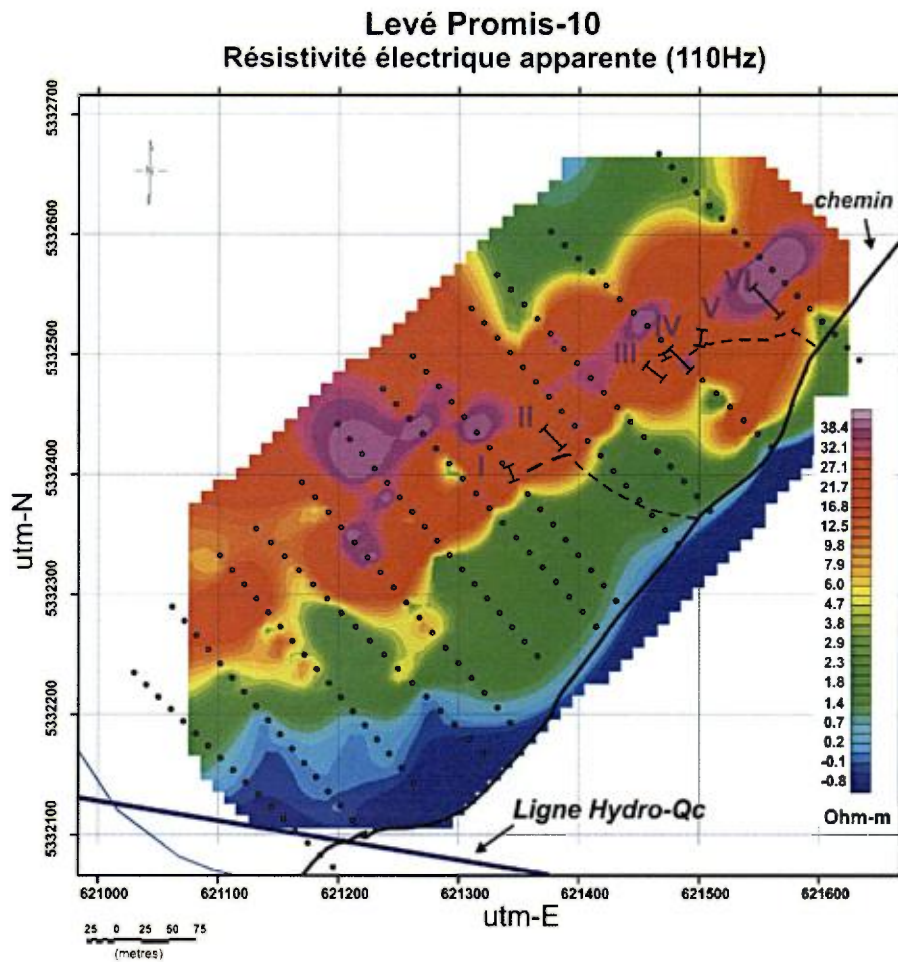


Figure 24. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 mesurées à une fréquence d'induction de 110Hz. La localisation des tranchées I à VI est indiquée pour souligner la présence des zones de veines de quartz de Roncevaux. La localisation des piquets au 12,5m est indiquée par des cercles vides. Projection de la carte en utm-nad83 .

Levé Promis-10
Résistivité électrique apparente (440Hz)

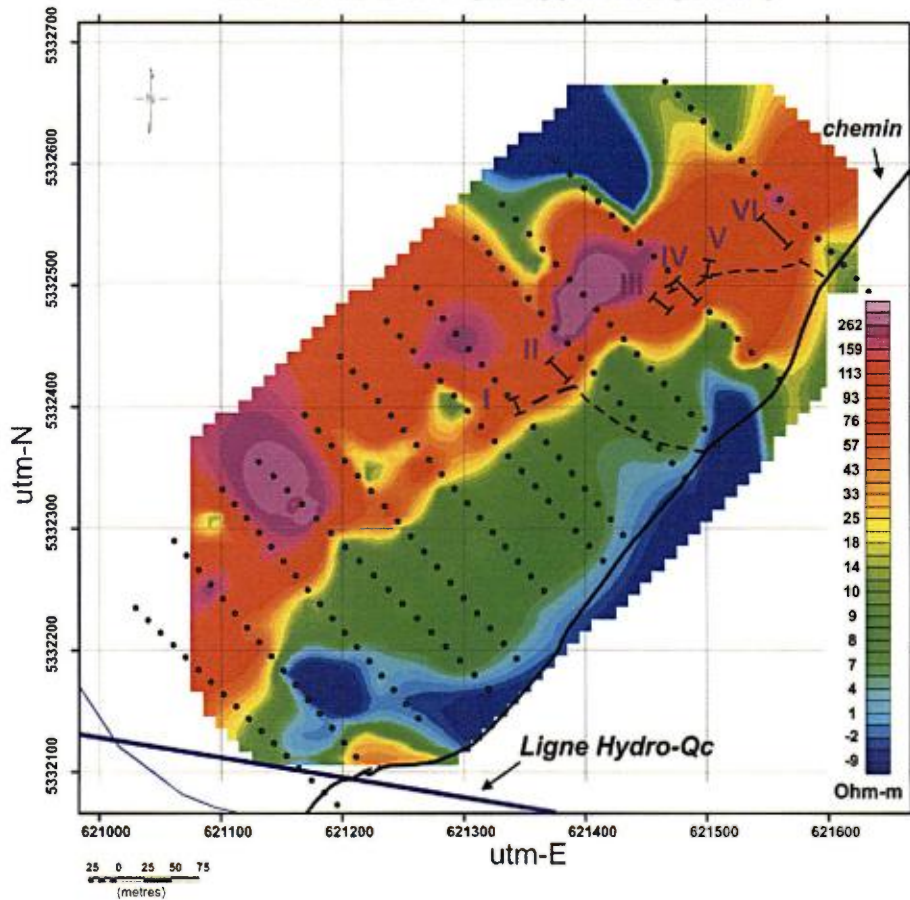


Figure 25. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 mesurées à une fréquence d'induction de 410Hz. Projection de la carte en utm-nad83.

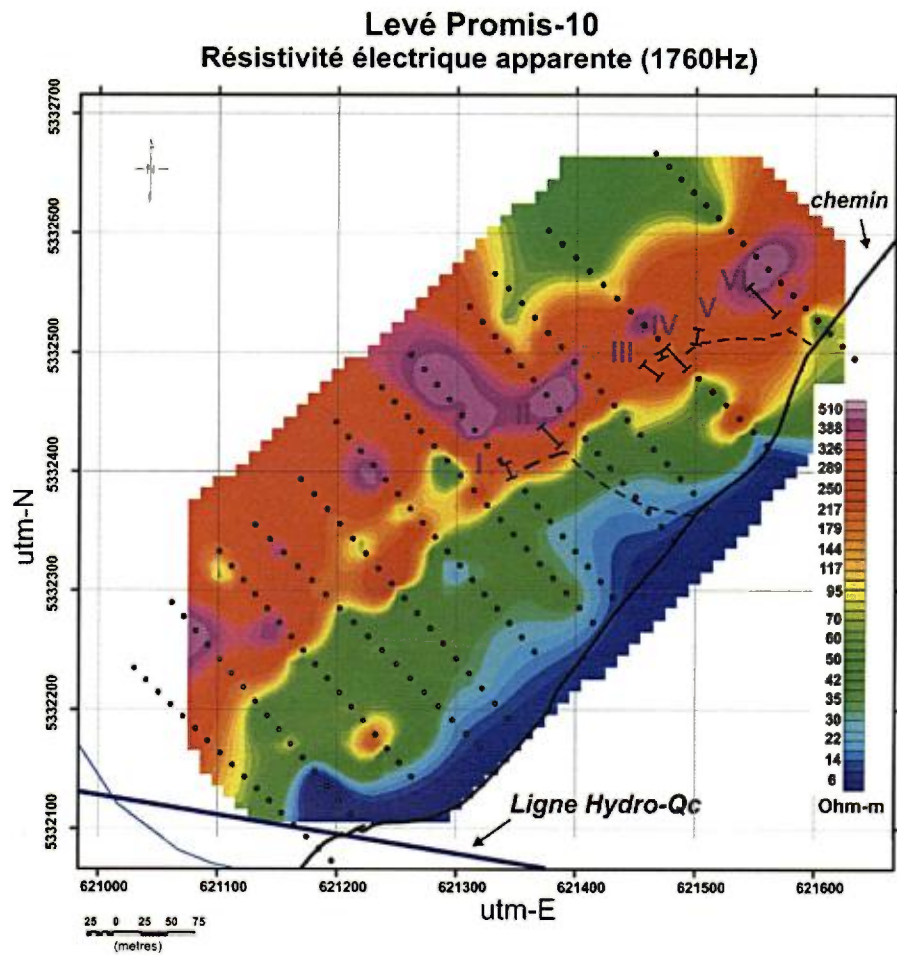


Figure 26. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 mesurées à une fréquence d'induction de 1760Hz. Projection de la carte en utm-nad83.

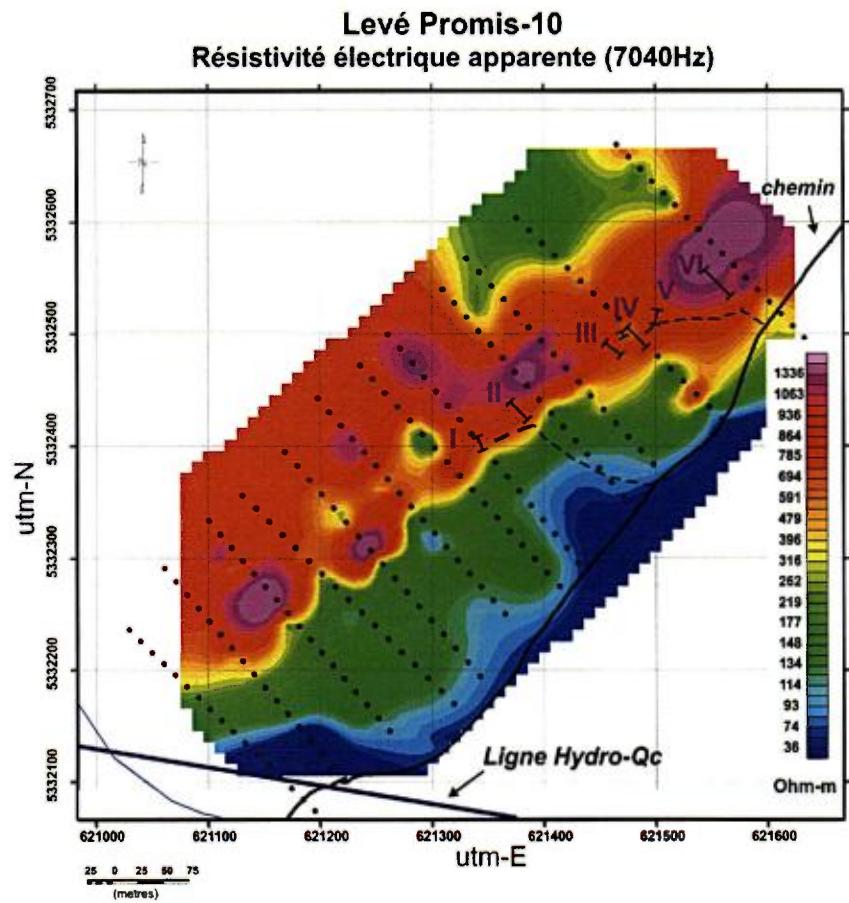


Figure 27. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 mesurées à une fréquence d'induction de 7040Hz. Projection de la carte en utm-nad83.

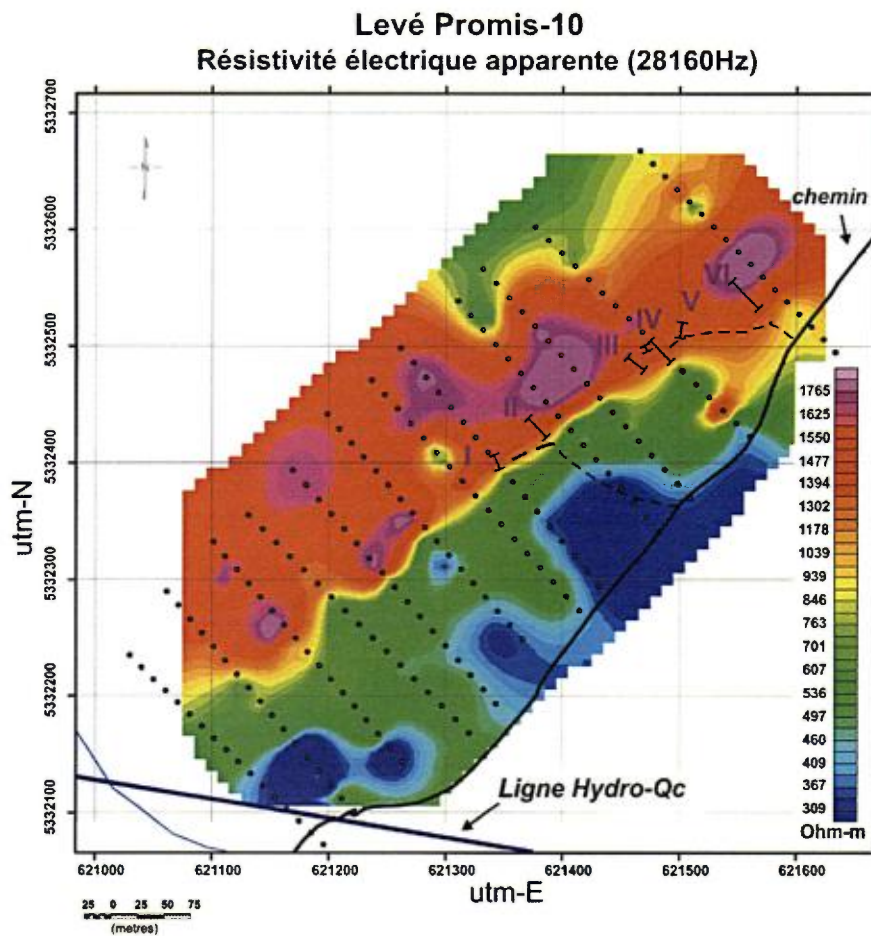


Figure 28. Variabilité spatiale des valeurs de résistivité électrique apparente (Ohm-m) calculées à partir des données Promis-10 mesurées à une fréquence d'induction de 28160Hz. Projection de la carte en utm-nad83.

4.2 LEVÉ GEM2

Tout comme pour le système Promis-10, le principe de fonctionnement de la sonde GEM2 est basé sur l'électromagnétisme en domaine fréquentiel (Won et al, 1996). Toutefois, ce système de plus faible puissance est surtout utilisé pour des études environnementales et géotechniques et parfois pour de l'exploration minière de cibles peu profondes (Murray et Keiswetter, 1998) car la possibilité de détection verticale est limitée par la puissance de l'émetteur et le faible espacement entre émetteur-récepteur. La faible distance Tx-Rx (1,7m) permet cependant l'obtention de données dans un mode de haute résolution spatiale. Le couplage à un DGPS sub-métrique permet de plus de cartographier rapidement le terrain (mesures en continu). Notez qu'en terrain trop résistif, le signal enregistré par la sonde peut devenir faible et relativement imprécis ce qui peut limiter le domaine d'application de la méthode (Huang et al., 2008). Le principal problème de ce type d'instrument EM est de pouvoir travailler dans un contexte de nombre d'induction élevé. Dans un tel contexte, les conditions de terrain doivent être suffisamment conductrices pour que le nombre d'induction θ (= conductivité * fréquence) soit supérieur à 36 (Keiswetter et Won, 1997). Dans ce cas, les variations de résistivité électrique du terrain seront enregistrées par la sonde GEM2 et ce avec relativement peu d'influence de la valeur de fréquence d'induction utilisée. Dans le cas contraire, pour un terrain trop résistif, les valeurs de résistivité électrique calculées à partir des données du GEM2 seront fortement corrélées aux valeurs de fréquences d'induction utilisées (Huang et al., 2008). Dans ce cas, l'utilisation de plusieurs fréquences d'induction ne permet pas d'obtenir des informations sur la variabilité verticale de la résistivité électrique (en profondeur) du terrain.

La **figure 29** montre des courbes que nous avons calculés pour différentes fréquences d'induction et conditions de résistivité électrique de terrain (10, 100, 1000 et 10000 Ohm-m). Les faibles valeurs (10 Ohm-m) correspondent à des terrains argileux et les valeurs très élevées (10000 Ohm-m) sont typiques de terrains volcaniques et métamorphiques. Pour des terrains très résistifs (10000

Ohm-m) les valeurs de la courbe demeurent systématiquement en contexte de nombre d'induction faible tout comme pour un terrain de 1000 Ohm-m. Pour un terrain typiquement appalachien avec des valeurs de résistivité électrique de l'ordre de 100 Ohm-m, la courbe indique des conditions de nombre d'induction élevé pour des fréquences d'induction supérieures à 4000 Hz. En bas de 4000Hz les conditions deviennent dans le domaine de faible nombre d'induction. Selon les données mesurées par le Promis-10, les conditions de résistivité électrique du terrain de Roncevaux sont résistives et ce malgré la nature sédimentaire du substrat rocheux. Lors du levé de l'automne 2015 sur Roncevaux, le terrain était extrêmement sec et les ruisseaux étaient également à sec. Pour des levés réalisés par l'INRS dans un contexte semblable au Témiscouata, des données aussi résistives ont été observées dans la Zec Owen (Fm de Témiscouata, Dévonien). Notez que les roches dévoniennes de la Formation de Témiscouata sont équivalentes aux roches du Groupe de Fortin.

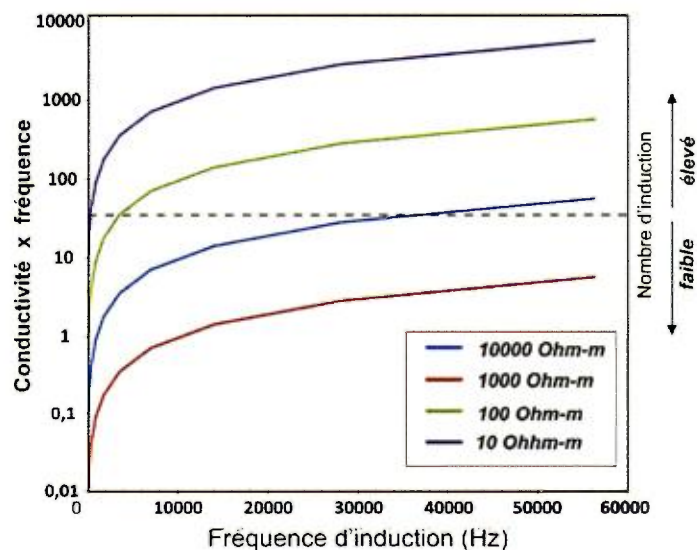


Figure 29. Variation de la valeur du nombre d'induction calculée pour différentes fréquences d'induction pouvant être générées par la sonde GEM2 de Geophex. Les courbes sont calculées pour des résistivités du terrain de 10, 100, 1000 et 10000 Ohm-m.

Constatant ces limitations, les données du GEM2 peuvent tout de même être utilisées pour localiser des anisotropies (ou domaines anomaux) pour

améliorer la compréhension de la géologie de sub-surface mais il n'est pas possible d'inverser ces données pour obtenir des sections verticales 1D ou 2D qui pourraient avoir une utilité pour estimer les variations d'épaisseur du mort-terrain.

En plus des problèmes reliés à la nature particulièrement résistive du terrain, dans le secteur de Roncevaux, le site est dans un secteur proximal à une ligne hydro-électrique de haute puissance d'Hydro-Québec. Dans un tel cas, l'intensité du bruit de fond électromagnétique (EM) peut fortement varier dans l'espace. La carte de la **figure 30** montre une cartographie de l'intensité du bruit EM monitoré pour la fréquence de 60Hz qui est la fréquence utilisée dans les lignes d'Hydro-Québec. La partie SO du périmètre du levé est clairement affectée par l'interférence de 60Hz tandis que la partie NE semble peu affectée. Afin de minimiser le problème d'interférence, nous avons sélectionné et programmé la sonde GEM2 pour des fréquences d'induction de 1530, 6030 et 14550Hz qui ne sont pas des multiples de 60Hz. Ceci permet d'éviter de mesurer des harmoniques de 60Hz.

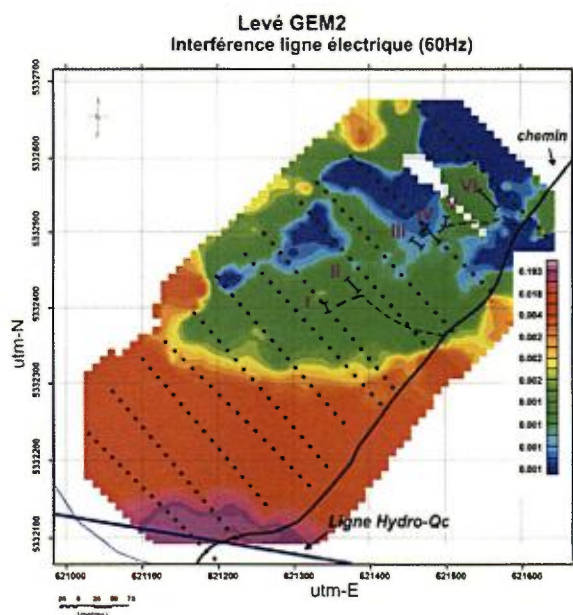


Figure 30. Carte montrant la variabilité spatiale de l'interférence de 60Hz dans le périmètre du levé GEM2. Notez le fort signal vers le SO de la carte en se rapprochant de la ligne d'Hydro-Québec.

Malgré l'utilisation de fréquences non-multiples de 60Hz, les données de la sonde GEM2 ne sont pas totalement immunisées par la présence de la ligne électrique de très haute puissance. Comme pour plusieurs instruments de géophysique, l'électronique de l'instrument est de plus vulnérable à des conditions de champs électrique et magnétique de très fortes intensités. L'interprétation des données du levé GEM2 dans la partie SO de la carte doit absolument tenir compte de cette forte perturbation.

4.2.1. Composante en phase

Pour le levé réalisé sur le site de Roncevaux, les valeurs de la composante en phase augmentent avec la diminution de la fréquence d'induction utilisée. Pour la fréquence de 1530Hz la moyenne et l'écart-type de la composante en phase sont de 1966+/-300, pour 6030Hz elles sont de 372+/-69 et pour 14550Hz de -702 +/-133.

Les données de la composante en phase, mesurées pour les différentes fréquences d'induction, sont présentées aux **figures 31 à 33**. Ces dernières montrent une distribution des hautes valeurs de composante en phase différente des cartes du levé Promis-10 qui indiquent la présence de deux domaines géoélectrique contrastés (zone plus conductrice dans la première demie des lignes et une zone plus résistive dans la partie centrale du dispositif). Les données de composante en phase suggèrent la présence de matériaux relativement homogène répartis sur les deux domaines géoélectriques. Compte tenu de la faible pénétration du levé GEM2, cette distribution reflète probablement un fort contrôle par le mort-terrain qui est distribué d'une façon relativement hétérogène sur le terrain.

La carte de la **figure 31** montre, pour la plus faible fréquence d'induction, de plus faibles valeurs de la composante en phase dans le secteur des tranchées et de la veine de quartz principale. Notez que cette zone semble se poursuivre vers le SO entre les lignes 150 et 300.

Levé GEM2 Composante en phase (1530Hz)

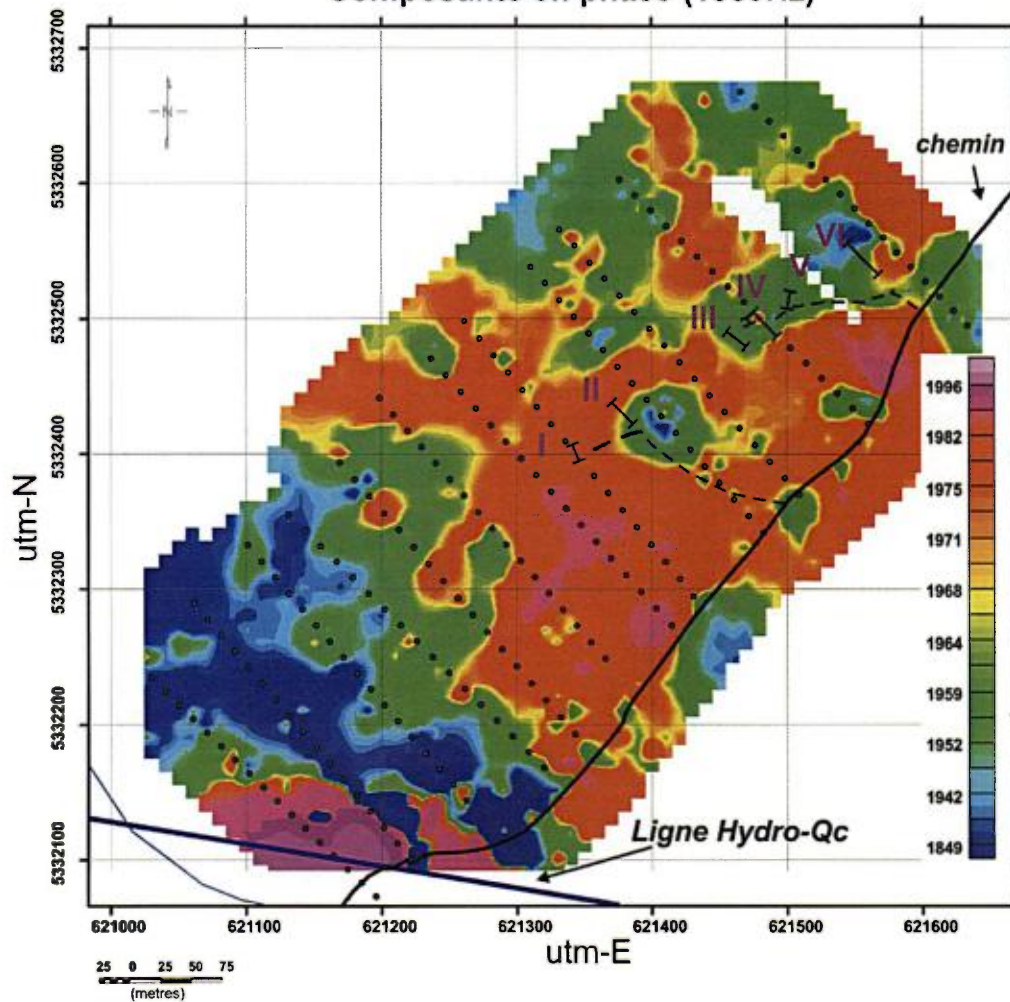


Figure 31. Carte de la variabilité spatiale de la composante en phase mesurée pour une fréquence d'induction à 1530Hz. L'interpolation spatiale a été réalisée par krigeage à l'aide du logiciel Oasis Montaj (Geosoft). Notez que les hautes valeurs mesurées, près de la ligne électrique d'Hydro-Québec, sont affectées par une interférence.

Levé GEM2
Composante en phase (6030Hz)

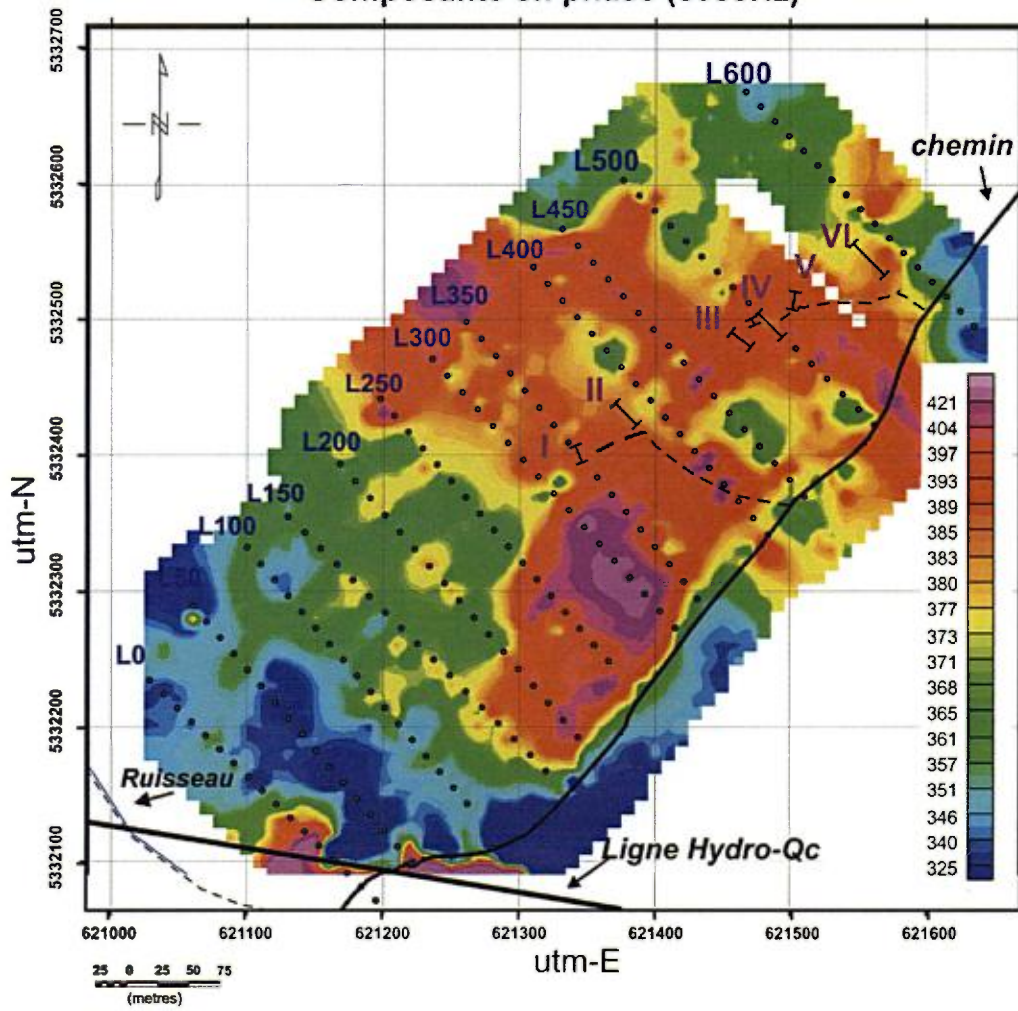


Figure 32. Carte de la variabilité spatiale de la composante en phase mesurée pour une fréquence d'induction à 6030Hz. L'interpolation spatiale a été réalisée par krigeage à l'aide du logiciel Oasis Montaj (Geosoft). Notez une diminution de l'interférence près de la ligne électrique d'Hydro-Québec.

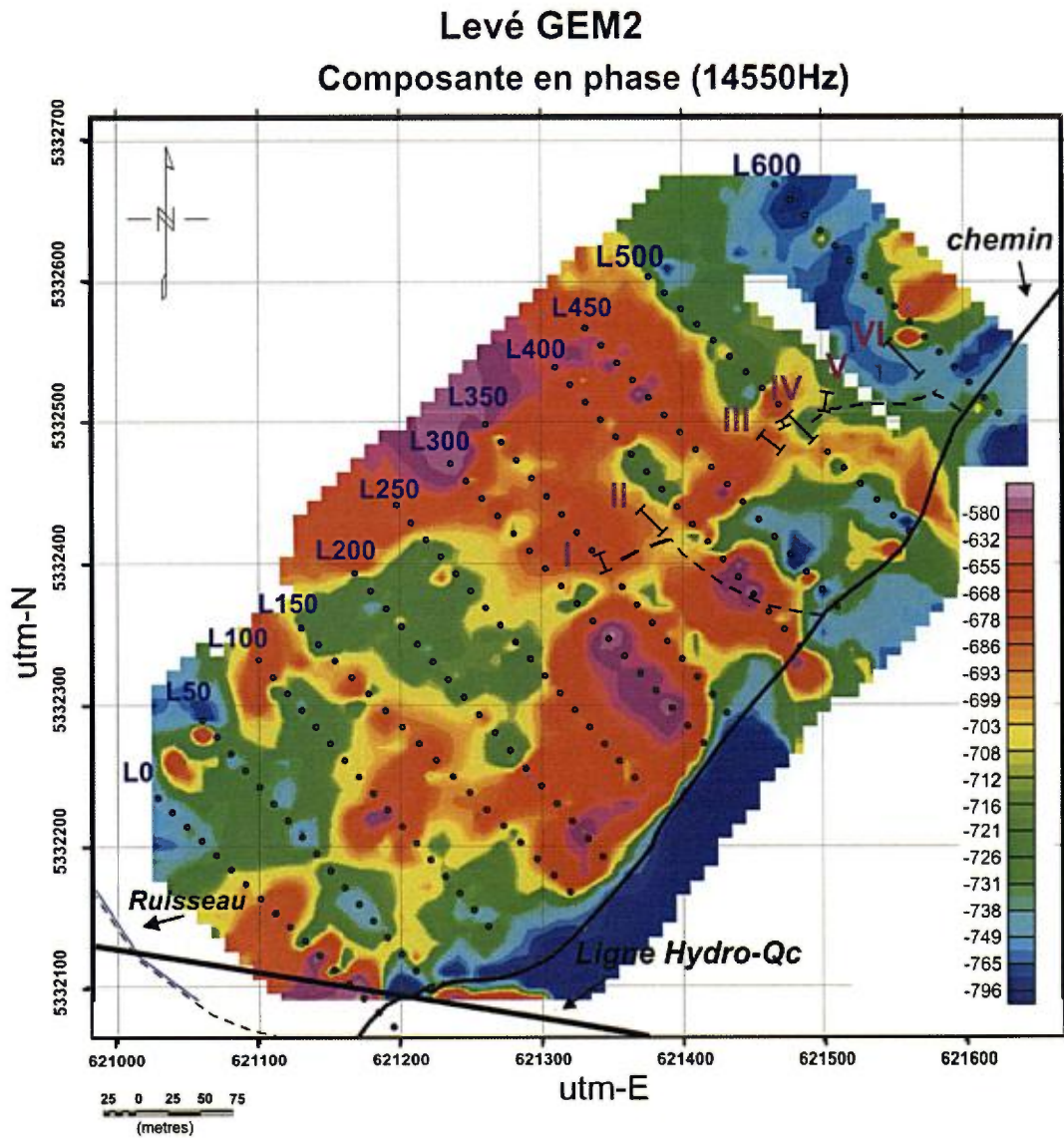


Figure 33. Carte de la variabilité spatiale de la composante en phase mesurée pour une fréquence d'induction à 6030Hz. L'interpolation spatiale a été réalisée par krigeage à l'aide du logiciel Oasis Montaj (Geosoft). Notez la forte atténuation de l'interférence près de la ligne électrique d'Hydro-Québec.

4.2.2. Composante en quadrature (*out of phase*)

Pour le levé réalisé sur le site de Roncevaux, les valeurs de la composante en quadrature varient en fonction de la fréquence d'induction utilisée. Pour la fréquence de 1530Hz, la moyenne et l'écart-type de la composante en quadrature sont de -2477 ± 372 , pour 6030Hz elles sont de -645 ± 56 et pour 14550Hz de -202 ± 93 .

La composante en quadrature est normalement sensible aux contrastes de résistivité électrique du terrain. Les plus faibles valeurs de quadrature sur ces cartes représentent les zones plus résistives et les plus hautes valeurs les zones plus conductrices (**Figure 34**). L'hétérogénéité observée sur ces figures suggère une répartition très hétérogène de la couverture de mort-terrain. La carte des valeurs de quadrature, calculées pour une fréquence de 14550Hz, est intéressante car elle est particulièrement sensible à la présence de la zone de quartz (indiquée par la position des tranchées). D'après les données de la **figure 35**, la zone de veine semblerait se prolonger 400m vers le SO selon une direction parallèle à la stratigraphie locale qui est orientée SO/NE dans cette région.

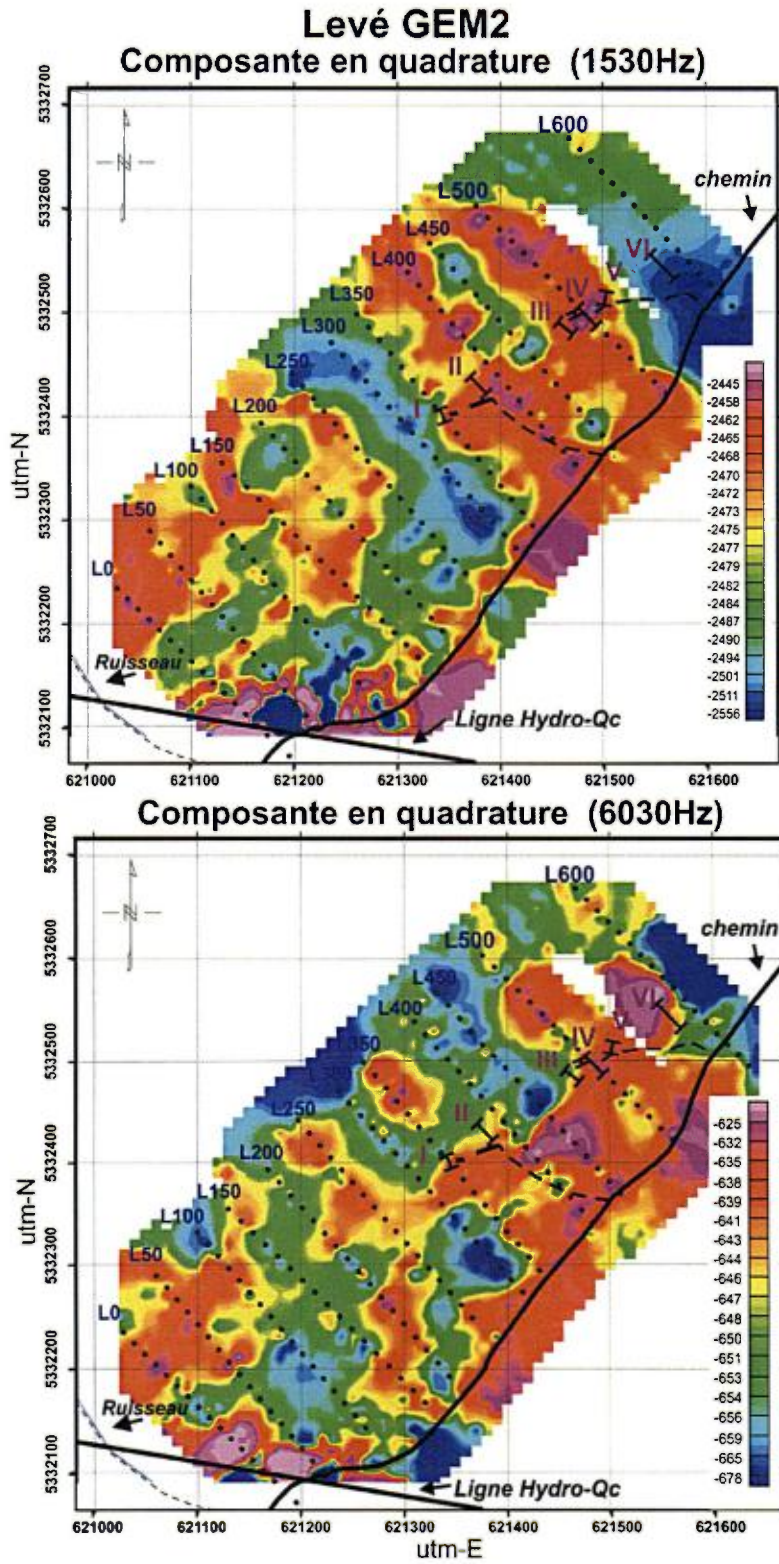


Figure 34. Variabilité spatiale des valeurs de la composante en quadrature pour les fréquences d'induction de 1530 et 6030Hz.

Levé GEM2 Composante en quadrature (14550Hz)

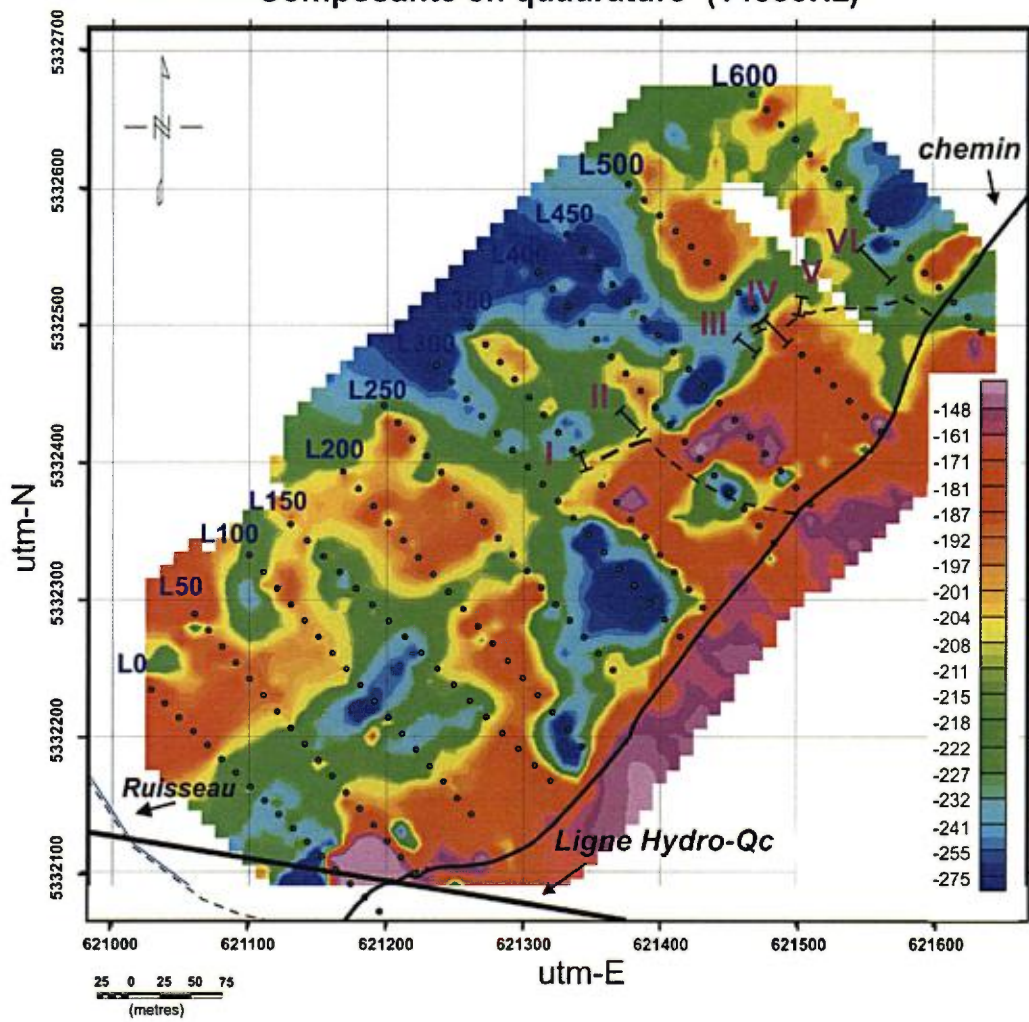


Figure 35. Variabilité spatiale des valeurs de la composante en quadrature pour la fréquence d'induction de 14550Hz.

4.2.3 Valeurs de conductivité électrique

La carte de conductivité électrique totale (Figure 36) et celle calculée pour une fréquence d'induction de 1530Hz (Figure 37) montrent la présence d'un terrain moins conducteur et donc plus résistif au voisinage immédiat des zones excavées et des veines de quartz (tranchées II, III, IV, V et VI sur les cartes). De plus, malgré une plus faible pénétration verticale que le levé Promis-10, les données des figures 36 et 37 montrent la présence d'un terrain généralement plus conducteur vers le SE que vers le NO. Ceci est compatible avec la présence d'une proportion plus élevée de shales dans cette partie du périmètre du levé géophysique.

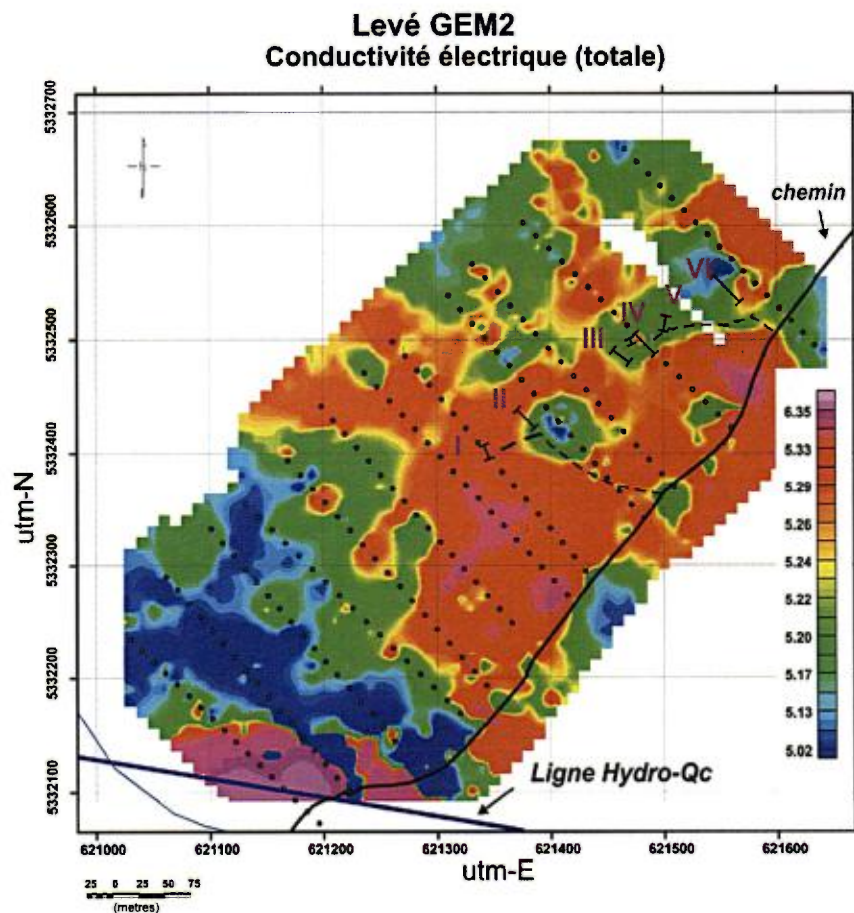


Figure 36 Variabilité spatiale des valeurs de la conductivité électrique apparente calculée pour l'ensemble des fréquences d'induction,

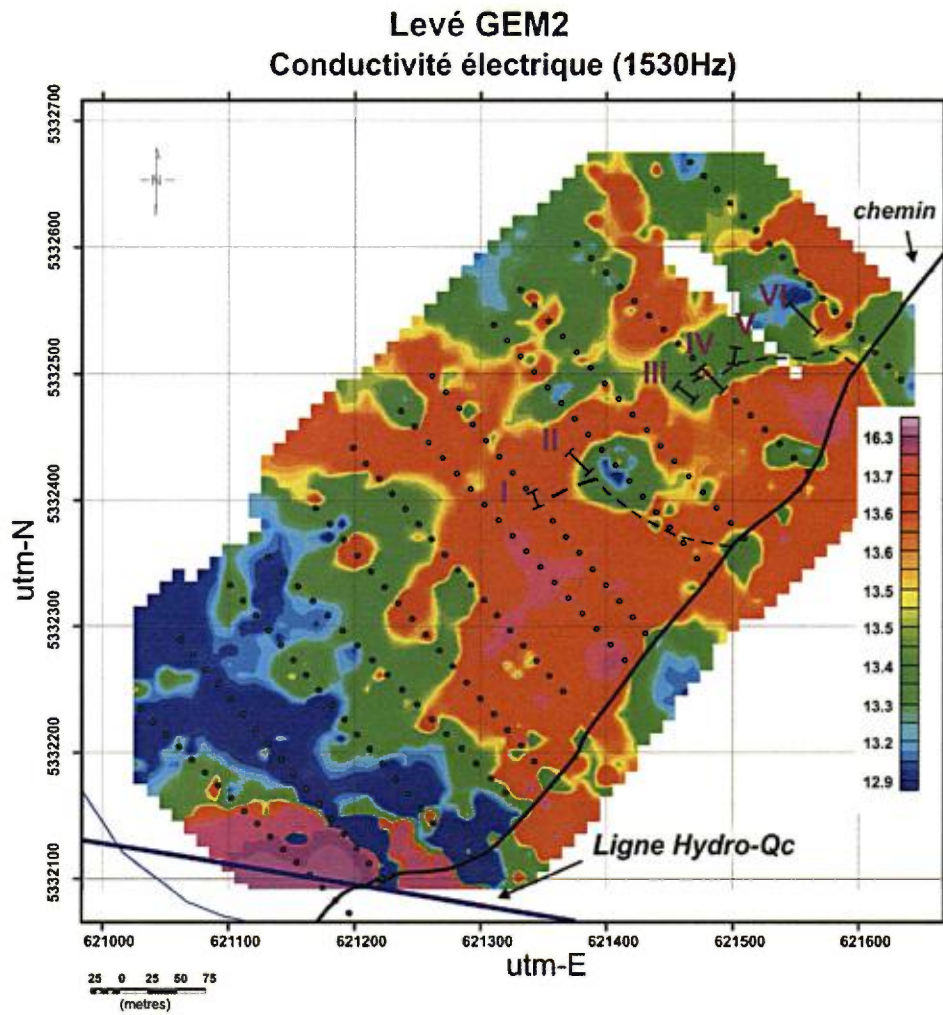


Figure 37. Variabilité spatiale des valeurs de la conductivité électrique apparente calculée pour la fréquence d'induction de 1530Hz.

4.3 LEVÉ MAGNÉTOMÉTRIQUE

Le levé magnétométrique a été réalisé sur l'ensemble du périmètre de la grille de lignes de la propriété Roncevaux. Afin de corriger les données magnétiques mesurées par la station mobile nous avons monitoré la dérive du champ magnétique terrestre local à l'aide d'une station de base magnétique localisée sur la propriété Roncevaux à une distance de 900m (mesurée perpendiculairement la ligne d'Hydro-Québec).

4.3.1. Station de base magnétique

La **figure 38** présente la variabilité des données magnétiques (champ total) mesurées à la station de base pour les journées du 6 et 7 octobre 2015. La variabilité observée est normale avec une augmentation du champ magnétique total observé en après-midi. Pour les journées du 6 et 7 octobre 2015, la variabilité maximale du champ magnétique total de la base a été respectivement de 35 et 80nT.

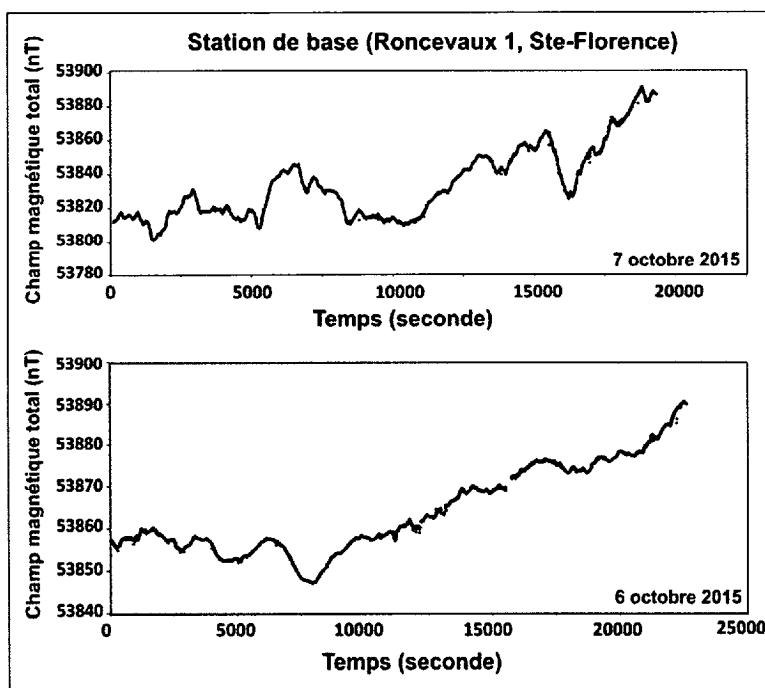


Figure 38. Variabilité du champ magnétique total mesuré par la station de base GSM19 située sur la propriété Roncevaux. Les journées du 6 et 7 octobre 2015 sont présentées sur cette figure.

4.3.2. Susceptibilité magnétique

Afin de faciliter l'interprétation des données magnétométriques, nous avons mesuré en laboratoire la susceptibilité magnétique de nombreux échantillons de roches sédimentaires et de veines de quartz provenant des tranchées I à VI de la propriété Roncevaux. De plus, nous avons mesuré la susceptibilité magnétique de différentes fractions granulométriques provenant du broyage de deux échantillons de quartz représentatifs des veines de quartz de Roncevaux.

Les **figures 39 et 40** montrent une différence significative de valeurs de susceptibilité magnétique entre les roches sédimentaires dévoniennes et les veines de quartz. Les roches sédimentaires montrent une valeur moyenne de 0,64 et un écart-type de 0,22. Les veines de quartz montrent une valeur moyenne de 0,23 et un écart-type de 0,10. Cette différence de susceptibilité magnétique entre le quartz massif et les roches sédimentaires est prévisible. Malgré l'écart observé, le contraste demeure relativement faible. Dans un contexte basaltique, ce contraste pourrait avoir plus d'un ordre de magnitude. La faible différence de susceptibilité magnétique observée dans les roches de Roncevaux implique un faible pouvoir de discrimination magnétométrique. De plus, notez que la présence d'une épaisseur variable, mais toutefois significative, de mort terrain peut diminuer encore plus la capacité de détection des veines de quartz.

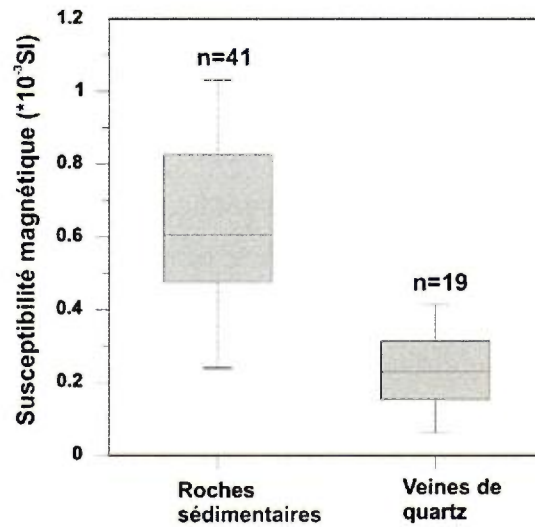


Figure 39. Comparaison des données de susceptibilité magnétique mesurées sur les échantillons de roches sédimentaires et de veines de quartz de la propriété Roncevaux.

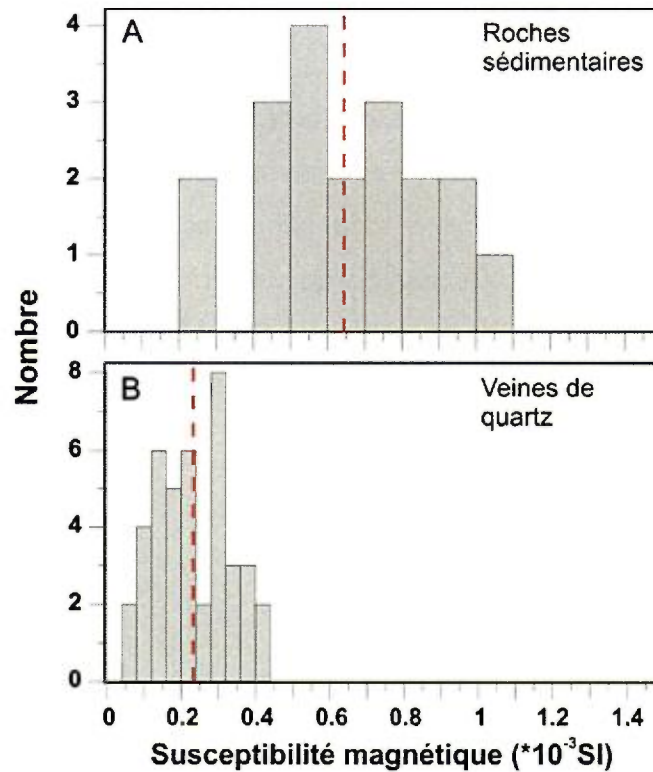


Figure 40. Histogrammes de comparaison des données de susceptibilité magnétique mesurées sur les échantillons de roches sédimentaires et de veines de quartz de la propriété Roncevaux.

A titre expérimental, et en parallèle au présent mandat, nous avons réalisé deux tamisages de quartz concassés en laboratoire. L'objectif de l'essai était de produire des courbes granulochimiques. Dans ce rapport, nous présentons seulement les données de susceptibilité magnétique mesurées sur les différentes fractions granulométriques. La **figure 41** montre une forte augmentation des valeurs de susceptibilité magnétique dans les fractions fines (< 250 μ m). À priori, ces tendances observées dans les échantillons de quartz de Roncevaux suggèrent une concentration des contaminants (Fe, Ti etc..) dans la fraction fine du quartz. Notez que cette dernière pourrait facilement être éliminée par une sélection minéralurgique adéquate des tailles granulométriques. De plus, il serait possible d'utiliser un séparateur à forte intensité magnétique pour optimiser la séparation des impuretés dans le quartz.

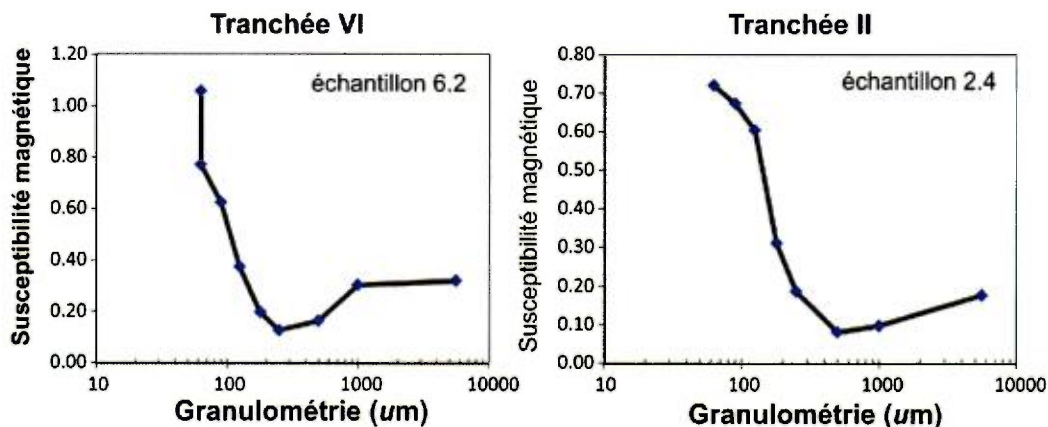


Figure 41. Variation de la susceptibilité magnétique en fonction de la granulométrie de deux échantillons de quartz broyés au laboratoire de L'INRS (tranchées II et VI).

4.3.3. Données magnétométriques

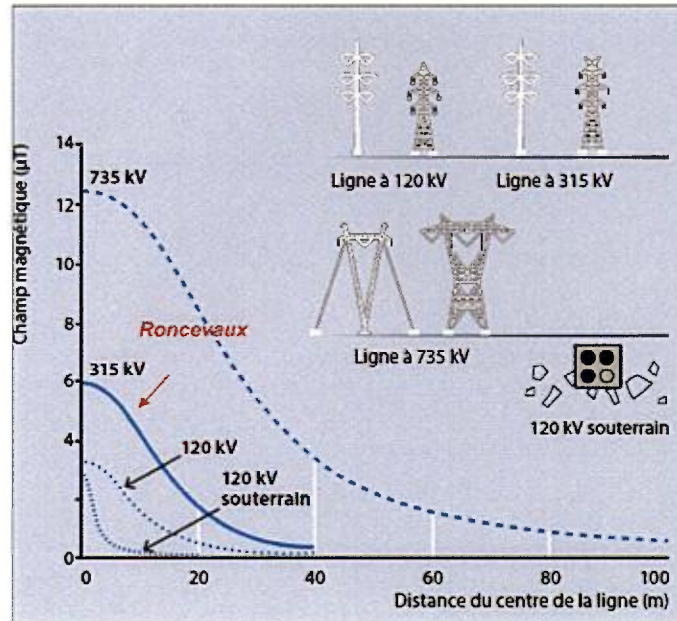
Les données magnétométriques (champ total et gradient magnétique) mesurées le long des sections des lignes 0 à 600 de la propriété Roncevaux sont présentées aux figures 43 et 44. Sur certaines sections passant près de tranchées, la position des veines de quartz observées est indiquée. Une observation rapide de cette figure montre l'absence de pics négatifs dans le secteur des veines de quartz. Malgré un certain contraste de valeurs de susceptibilité magnétique observé entre les roches sédimentaires et le quartz massif des veines, les données magnétométriques de terrain ne permettent pas de localiser les veines. Ceci pourrait s'expliquer par un contrôle du champ magnétique local par les sols et ou les saprolites présents sur le site de Roncevaux. Notez que contrairement au Nord du Québec, la dernière glaciation n'a pas complètement re-surfacée les zones d'altérations saprolitiques dans les Appalaches. Ces altérites, souvent situées en altitude dans la péninsule gaspésienne (Bédard et David, 1991), pourraient expliquer la présence de mort-terrain localement plus magnétique dans le secteur de Roncevaux qui est également situé sur un haut plateau. Ces altérites (ou saprolites) seraient des vestiges très anciens de processus de météorisation chimique sous des conditions chaudes et humides prévalentes durant le Tertiaire. Ces altérites tertiaires sont aussi observées sur les hautes terres de Miramichi au Nouveau Brunswick.

Entre autres, nous savons que sous des conditions chaudes et humides, les processus de météorisation chimique peuvent favoriser la formation de maghaemite ($\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_3$) qui est un oxyde de fer secondaire ferrimagnétique et contribuant significativement à l'augmentation de la susceptibilité magnétique du mort-terrain (ex. sol, saprolite). Lors des travaux d'excavation de 2015, nous avons observé de 2 à 3 mètres de sol et saprolite au-dessus du roc et des veines de quartz. Ces matériaux, potentiellement plus magnétiques, masquent

possiblement les contrastes magnétiques entre le quartz et les roches sédimentaires également peu magnétiques.

4.3.3.1 Interférence de la ligne électrique d'Hydro-Québec

Selon Hydro-Québec, les lignes de 315 KV comme celle reliant Matapédia et Rimouski (circuit 3089-3090) peuvent générer un champ magnétique pouvant atteindre jusqu'à 6 μT (ou 6000 nT) sous la ligne de transport (Fig. 40). Ce champ magnétique secondaire devient très faible à une distance de 40m de la ligne de transport (Fig. 40). Notez que le champ magnétique normal du secteur de Roncevaux est de l'ordre de 53855 nT et les plus fortes anomalies naturelles sont de l'ordre de 53925 nT. Donc une anomalie potentielle de 6000nT (Hydro-Québec) par rapport à une anomalie maximale naturelle de 75 nT observée sur le terrain (53925-53855) doit impérativement être monitorée pour l'interprétation des données magnétiques. Dans l'ensemble, nous avons observé ce type d'interférence sur la ligne 0 (de 0 à 75m) et la ligne 50 (de 0 à 35m).



http://www.hydroquebec.com/champs/pdf/pop_23_01.pdf

Figure 42. Champ magnétique secondaire induit par les lignes de transport électrique d'Hydro-Québec. La ligne passant près de la propriété Roncevaux est de 315Kv.

4.3.4. Données magnétométriques des lignes 0 à 600

Les données magnétiques, présentées dans les sections des lignes 0 à 600, montrent une grande variabilité et ce autant pour les données du champ magnétique total que pour les données du gradient magnétique mesuré (Fig. 43 et 44). A l'exception des très hautes valeurs observées en début des lignes 0 et 50 (données mesurées près de la ligne d'Hydro-Québec), les données montrent une multitude d'anomalies positives de faibles amplitudes (environ 20 nT) distribuées d'une façon non-organisée. Ces pics sont de plus relativement serrés suggérant une source peu profonde. La zone de veines de quartz, intersectée dans les tranchées, n'est pas associée à un pic négatif du champ magnétique total ou du gradient magnétique (Fig. 44 d, h,j,l). Tel que discuté dans la section 4.3.3, ceci est contraire au modèle initialement envisagé de détection des veines de quartz par la présence d'anomalies magnétiques négatives.

Levé magnétométrique (gîte de silice de Roncevaux)

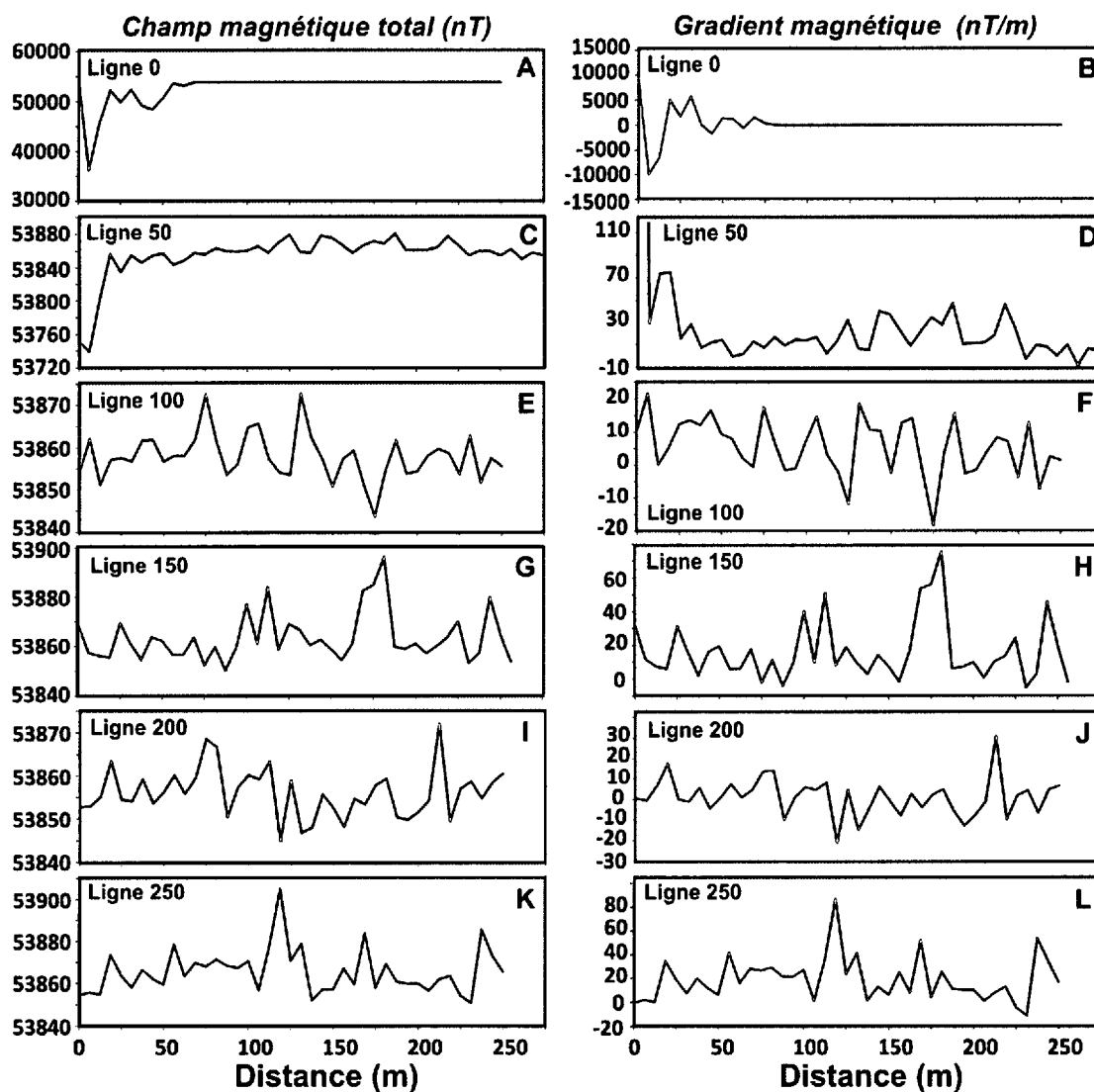


Figure 43. Sections des données du champ magnétique total et du gradient magnétique mesuré pour les lignes 0 à 250. Les lignes débutent au SE et se terminent au NO.

Levé magnétométrique (gîte de silice de Roncevaux)

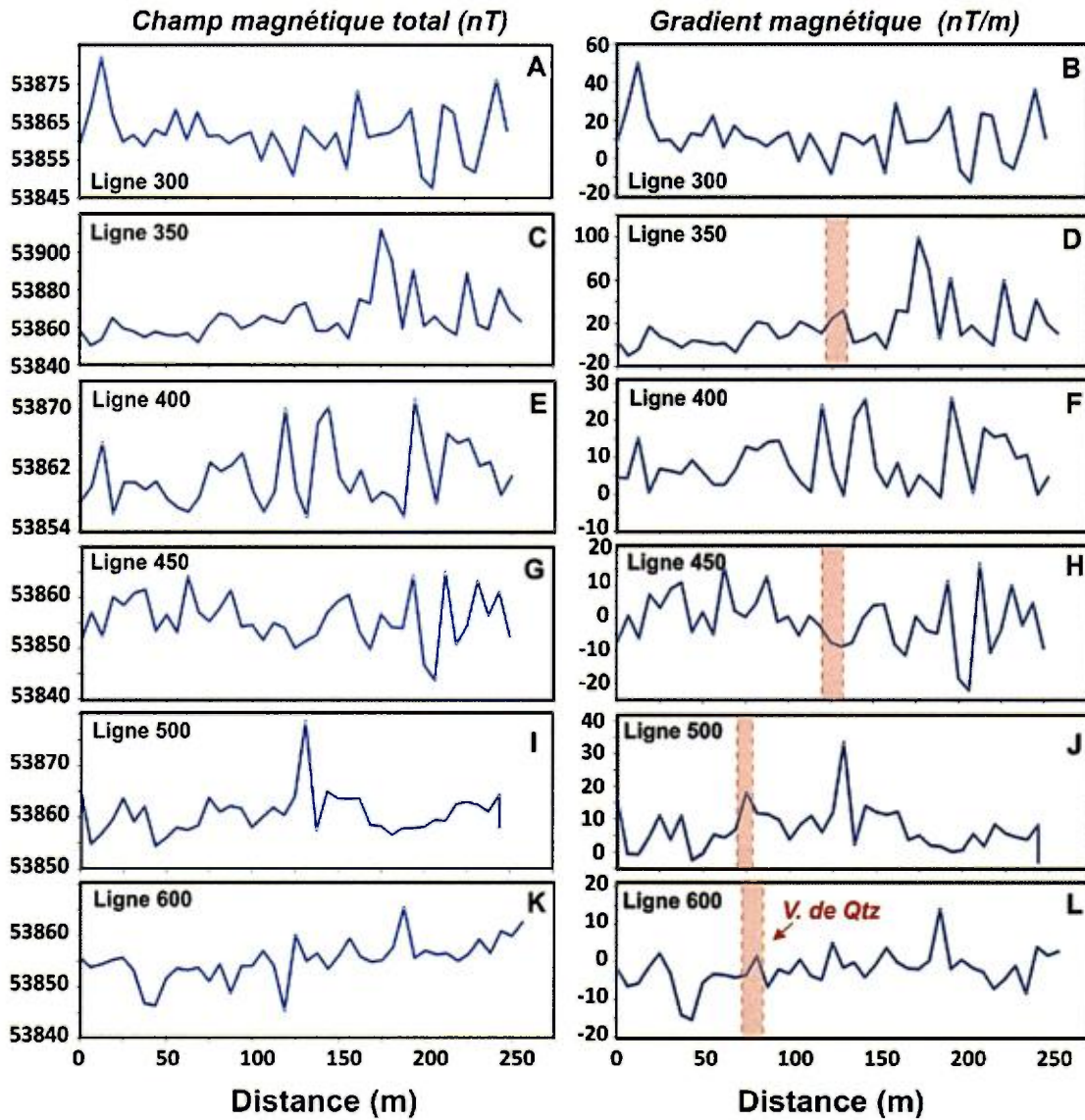


Figure 44. Sections des données du champ magnétique total et du gradient magnétique mesuré pour les lignes 300 à 600. Les lignes débutent au SE et se terminent au NO. La position approximative des veines de quartz (observées dans les tranchées) est indiquée sur les sections des lignes 350, 450, 500 et 600.

4.3.5. Données magnétométriques présentées en plan

La carte du champ magnétique total (**Fig. 45**), corrigée pour les variations diurnes, montre une grande hétérogénéité relativement désorganisée. Premièrement, cette carte ne montre pas d'anisotropie orientée NE/SO reliée à l'orientation et au pendage des couches de roches sédimentaires appalachiennes. Rappelons que dans ce secteur, la stratification So moyenne est de N231/85 et la foliation S1 moyenne est de N228/66. Tel que discuté à partir des données présentées en section, une composante de haute fréquence peu profonde comme en témoigne la présence d'anomalies formant des pics magnétiques étroits semble perturber la signature magnétique du socle rocheux appalachien. Quoique la propriété soit peu affleurante et relativement inexplorée (aucun forage), il est hautement probable que la signature observée soit un vestige de la présence de saprolite plus magnétique présente au-dessus de roches sédimentaires silicilastiques relativement peu magnétiques. De la même façon, la carte de la **figure 46** montre, pour les données magnétiques corrigées au pôle, une hétérogénéité semblable. La carte des données du gradient magnétique mesuré (**Fig. 47**) montre une distribution très semblable des anomalies magnétiques. Le faible contraste observé entre les cartes du champ magnétique total et du gradient magnétique mesuré implique que les sources magnétiques sont peu profondes.

Levé magnétométrique (GSM-19WG) Champ magnétique total

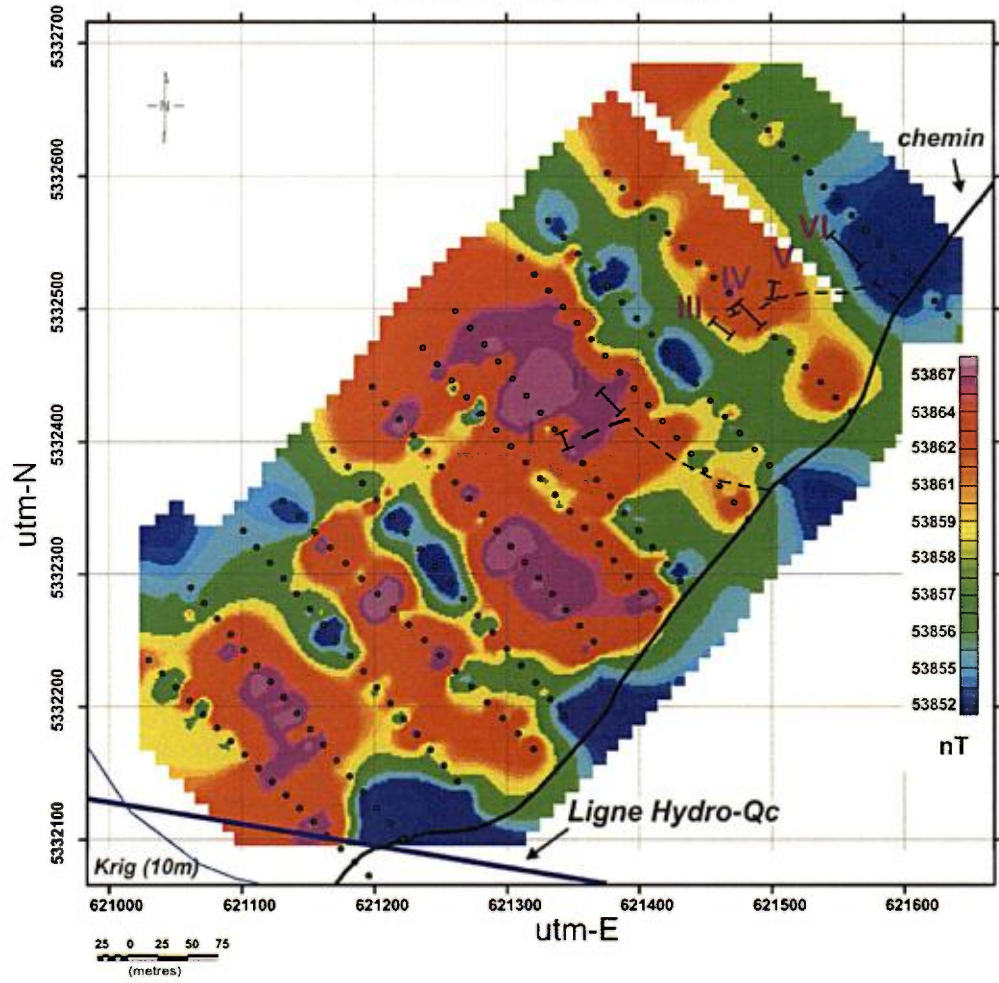


Figure 45. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total. Données interpolées par krigeage.

Levé magnétométrique (GSM-19WG)

Champ magnétique total avec correction au pôle

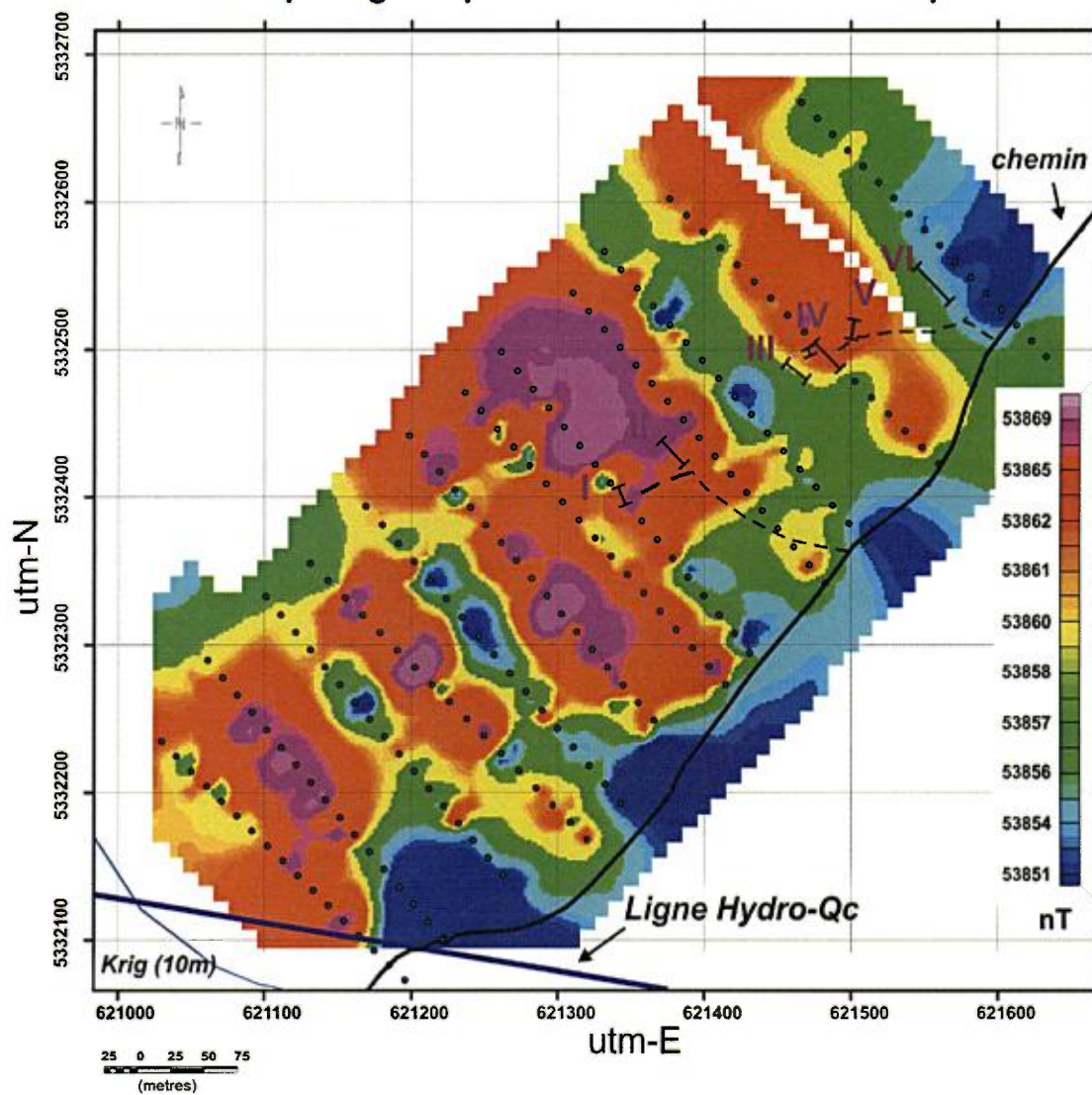


Figure 46. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total corrigées au pôle. Données interpolées par krigeage.

Levé magnétométrique (GSM-19WG)
Gradient magnétique (nT/m)

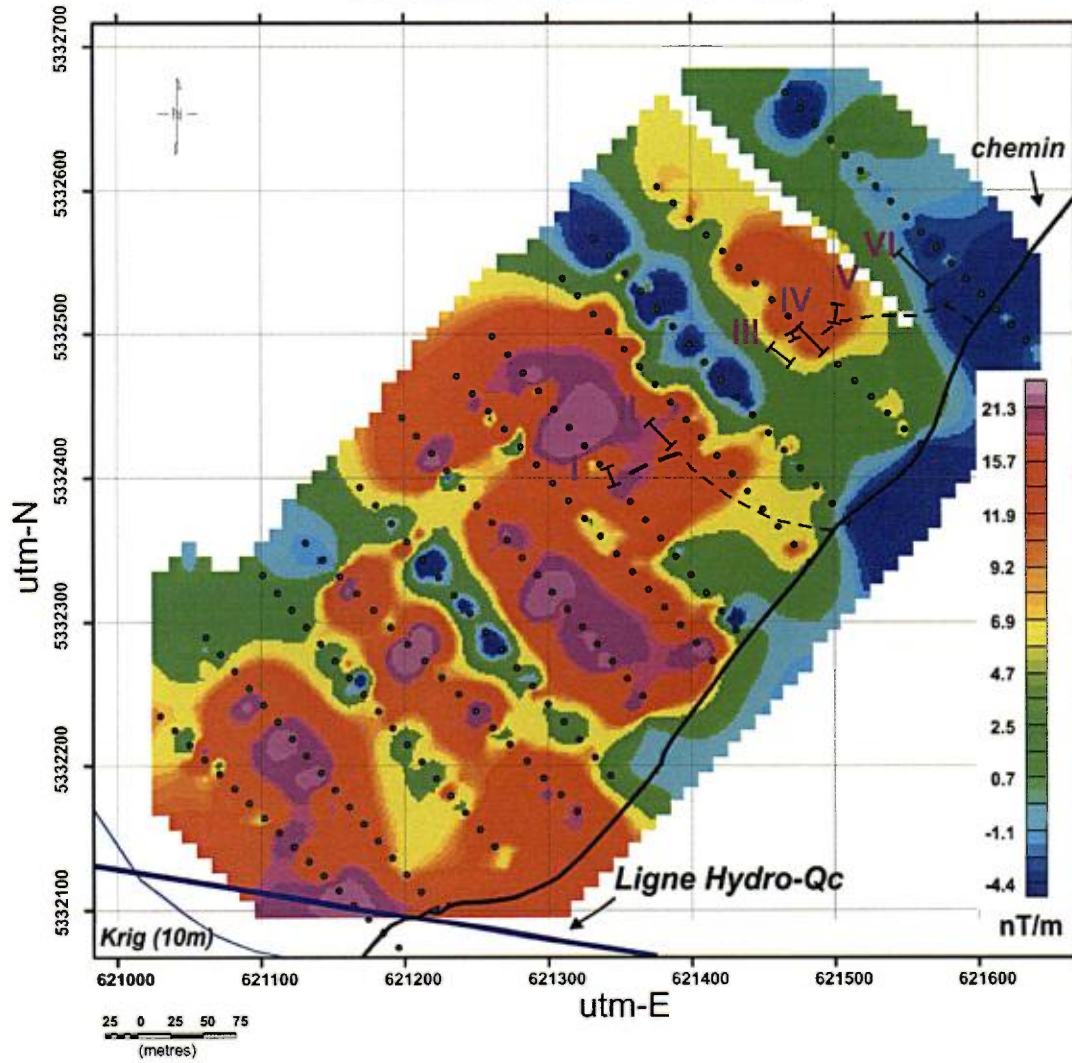


Figure 47. Variabilité spatiale des valeurs du gradient magnétique mesuré. Données interpolées par krigeage.

4.3.5.1 Dérivées verticales première et seconde du champ magnétique total

La dérivée verticale première, appliquée à des données de champ potentiel (ex. **Blakely, 1996**), est une méthode utile pour distinguer les effets reliés à la présence de masses locales incluses dans des données régionales (ex. **Jorgensen, 2004; Aydemir et Abdullah, 2008**). Notez qu'en magnétométrie, l'effet de petites masses ponctuelles est parfois masqué par la réponse de larges masses. La dérivée verticale première permet de cerner la présence d'anomalies régionales ou locales et la dérivée seconde permet de localiser et d'accentuer la présence d'anomalies reliées à des sources relativement peu profondes (ex. **Robinson and Silvia, 1981**).

La **figure 48** présente la carte des valeurs de dérivée verticale première pour les données du champ magnétique total corrigées au pôle. Cette carte indique la présence de contacts plus nets entre les hauts et les creux magnétiques observés sur la propriété Roncevaux. Sur cette carte, les anomalies magnétiques sont mieux définies et l'étendue de ces dernières est plus limitée. Dans l'ensemble, les anomalies magnétiques ne semblent pas continues dans l'espace. Pour une signature de source profonde et incluse dans des roches sédimentaires relativement uniformes, les anomalies magnétiques devraient être mieux organisées et spatialement plus continues.

La carte des données de la dérivée verticale seconde montre une grande variabilité et un bruit de fond élevé (**figure 49**). Ces données sont trop variables pour permettre une interprétation adéquate.

Levé magnétométrique (GSM-19WG)
Dérivée verticale première du champ magnétique total

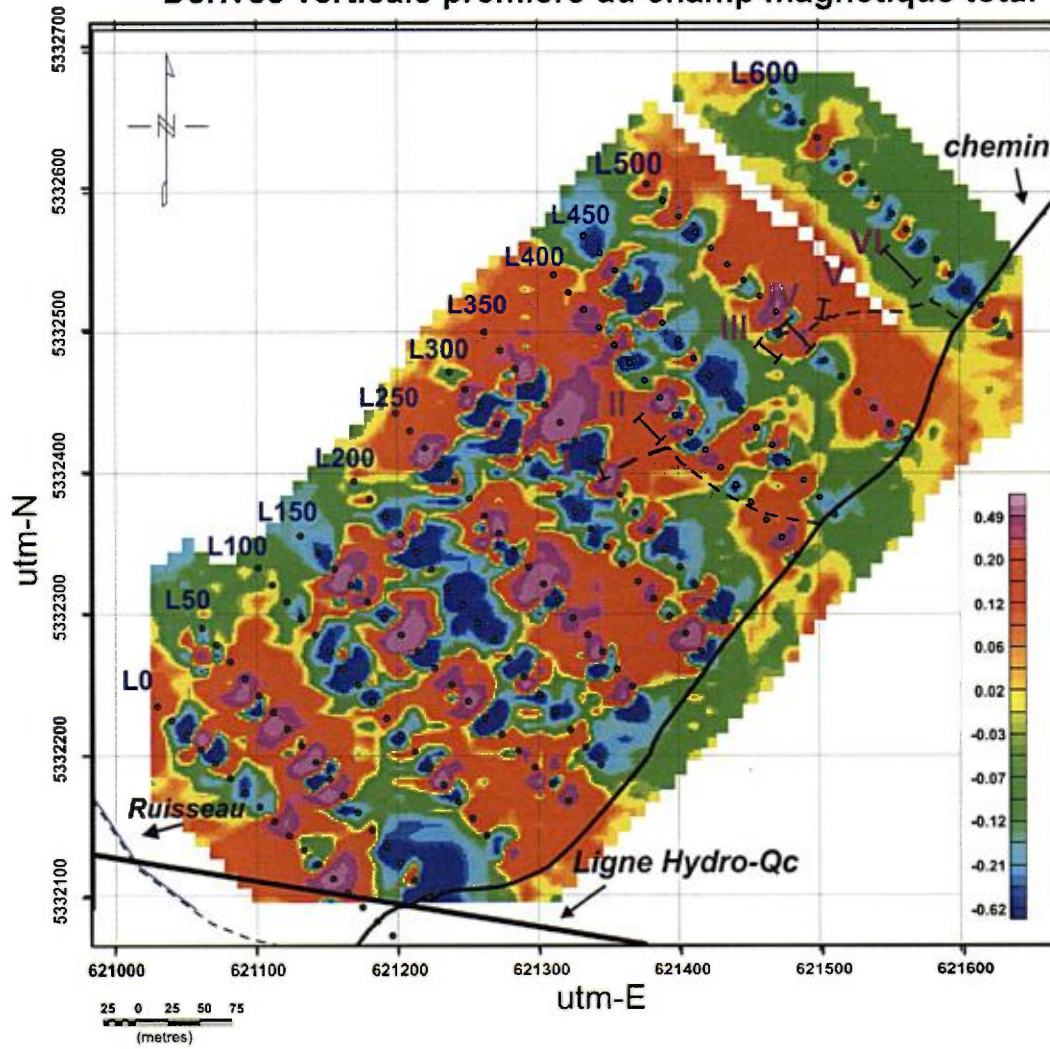


Figure 48. Variabilité spatiale des valeurs de la dérivée verticale première du champ magnétique total corrigé au pôle. Données interpolées par krigeage.

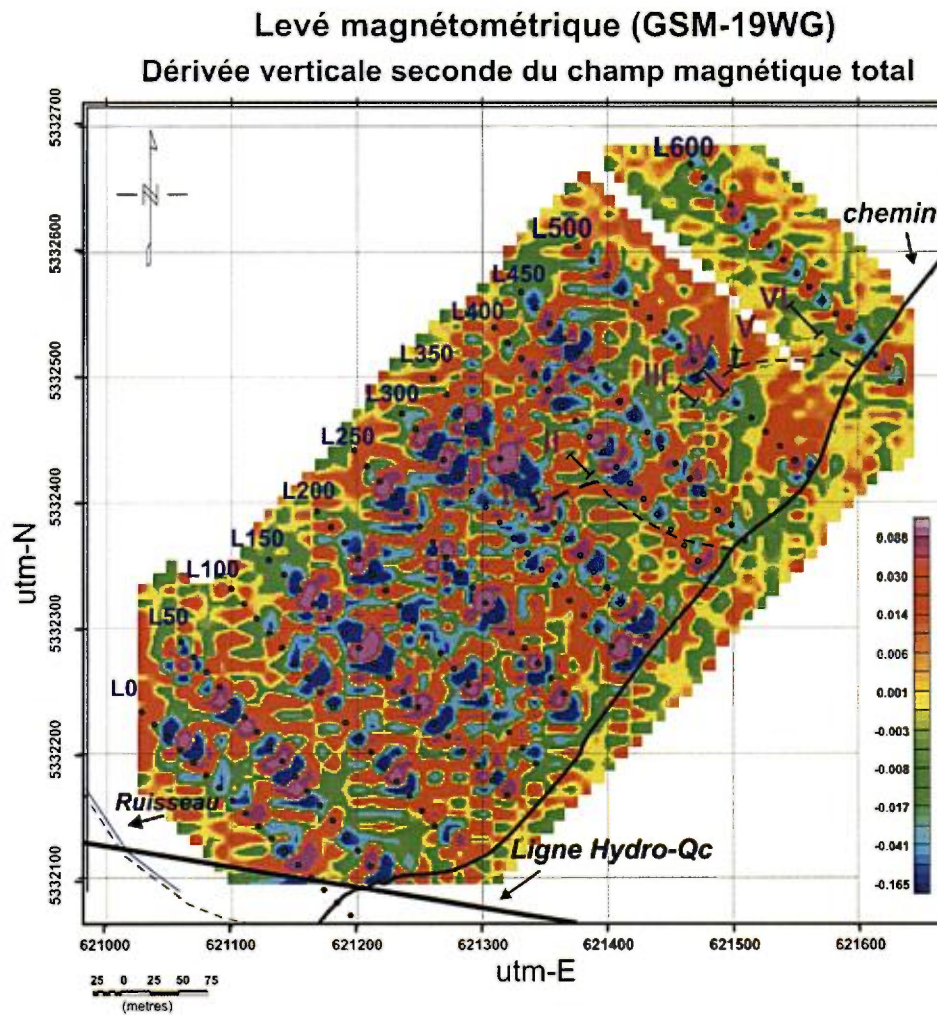


Figure 49. Variabilité spatiale des valeurs de la dérivée verticale seconde du champ magnétique total corrigé au pôle. Données interpolées par krigeage.

4.3.5.2 Filtrage des données du champ magnétique total par la méthode du *tilt derivative*:

Étant donné que l'amplitude des anomalies magnétiques dépend de la force du champ magnétique et de la profondeur des sources, les anomalies de faibles amplitudes peuvent être masquées par celles de hautes amplitudes. Les méthodes de filtrage des données comme le *Tilt Derivative* permettent de détecter des structures linéaires, comme des contacts, sans atténuer les

signatures de plus faibles amplitudes (grande longueur d'onde). La méthode du *Tilt Derivative* (Miller et Singh, 1994) fut initialement développée pour détecter la position de corps magnétiques en section 2D (profil).

La technique du *Tilt dérivative* est une méthode de transformation des données qui est fort utile pour mettre en évidence des structures du socle rocheux relativement peu profondes et aussi certaines cibles d'exploration. Cette transformation met en relation le rapport entre la dérivée verticale première (Z) et le total des dérivées horizontales (X et Y). La carte de la **figure 50** montre plusieurs éléments semblables à ceux observés sur la carte de la dérivée verticale première du champ magnétique total (**Fig. 48**). Comme pour la dérivée verticale première, les anisotropies sur la carte du *tilt derivative* soulignent bien la nature très irrégulière des matériaux de sub-surface.

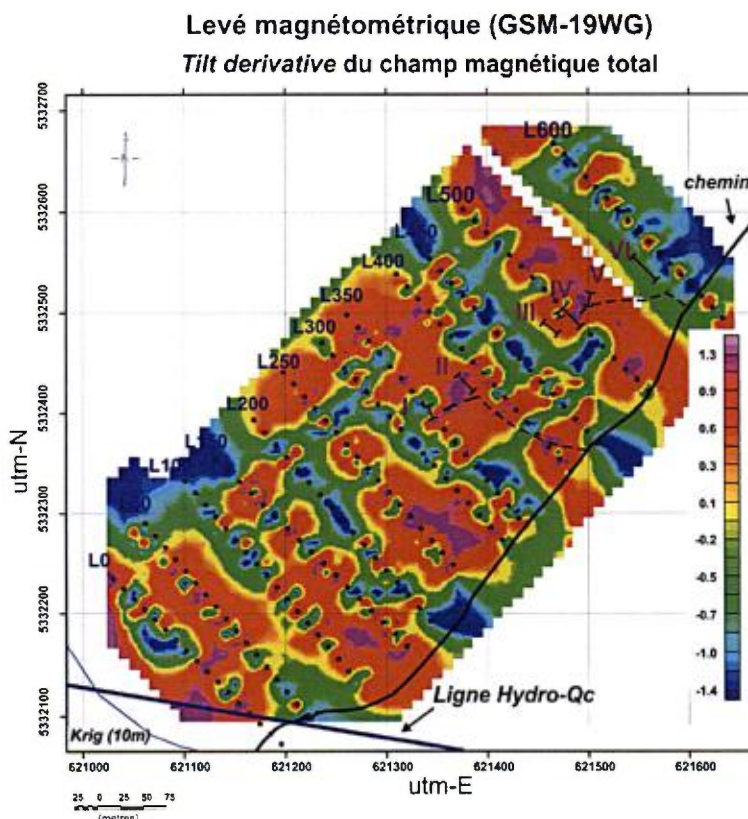


Figure 50. Variabilité spatiale des valeurs du *Tilt Derivative* du champ magnétique total corrigé au pôle. Données interpolées par krigeage.

4.3.5.3 Continuation verticale vers le haut

Compte tenu de la grande hétérogénéité observée dans la distribution spatiale du champ magnétique total et du gradient magnétique mesuré, les données magnétométriques du projet Roncevaux doivent être transformées pour minimiser l'influence de la composante de haute fréquence et donc peu profonde qui masque la signature magnétique du socle rocheux local. Cette transformation est d'autant plus importante pour expliquer le contexte structural de mise en place des veines de quartz de Roncevaux.

La procédure de filtrage des données de champ potentiel par la méthode de continuation verticale vers le haut consiste en une transformation des données mesurées sur une surface située à une plus haute altitude (Nabighian *et al*, 2005). Dans le cas présent, nous avons recalculé les données pour des plans de référence situés à 100 et 200m au-dessus de la surface du terrain. L'équation de transformation est la suivante;

$$L(r) = e^{-hr}$$

ou h est la distance en unité de terrain et r est un nombre d'onde (l'inverse de la longueur d'onde) exprimé en radians/m. Cette méthode de filtrage des données tend à atténuer les anomalies liées aux courtes longueurs d'onde par rapport aux anomalies profondes de grandes longueurs d'ondes. Notez que la géométrie des anomalies identifiées suite à la procédure de continuation vers le haut est de nature plutôt qualitative. Toutefois, elle est fort utile pour souligner les principales caractéristiques de la géologie sous le couvert de mort-terrain qui souvent est responsable de la formation d'anomalies peu profondes de haute fréquence.

La **figure 51** présente la carte des données du champ magnétique total recalculée pour une prolongation vers le haut de 100m. Cette transformation coupe les données de haute fréquence peu profondes et donne un aperçu du champ magnétique total à une cinquantaine de mètres de profondeur donc à un

niveau d'observation situé sous le mort-terrain (saprolite et sol). Dans l'ensemble, la figure montre deux grands domaines avec un contact orienté NE-SO et ce parallèlement au grain tectonique appalachien dans ce secteur. Ceci démontre que la technique permet de produire une imagerie utile pour expliquer le contexte géologique de Roncevaux. Il est intéressant de souligner que le réseau de veine de quartz de Roncevaux est situé dans la zone de transition entre les deux domaines. De plus, le domaine plus magnétique situé vers le NO est celui électriquement plus résistif tel que souligné sur les figures 20 à 23 du levé Promis-10. Les données magnétiques corroborent et valident ainsi les interprétations tirées du levé de résistivité électrique. Afin de vérifier si cette géométrie est relativement constante verticalement nous avons recalculé les données pour une prolongation verticale vers le haut de 200m (Fig. 52) donnant ainsi un aperçu à une profondeur de l'ordre de 100m. Les deux cartes montrent de grandes similitudes avec deux domaines distincts. L'examen attentif du contact entre les domaines montre un léger déplacement du contact vers le NO ce qui serait compatible avec un pendage abrupte des couches sédimentaires vers le NO.

Levé magnétométrique (GSM-19WG)
Correction au pôle du champ magnétique total
et projection vers le haut de 100m

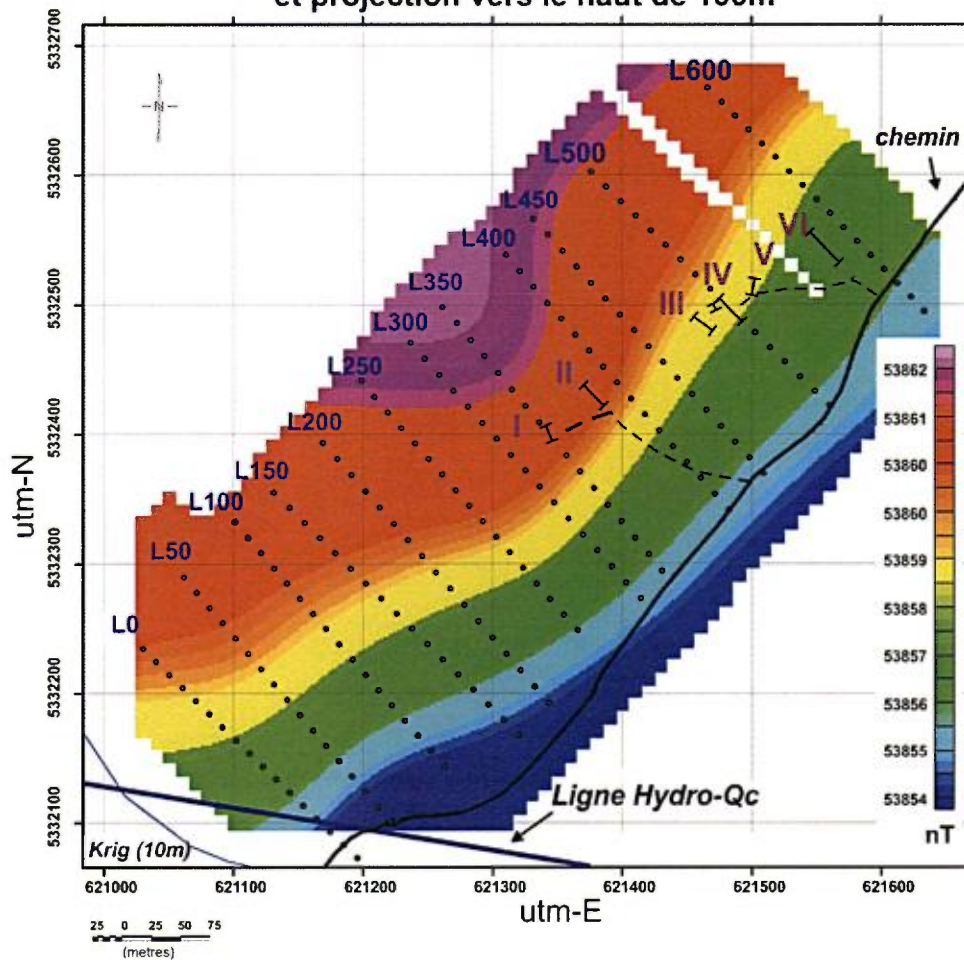


Figure 51. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total corrigé au pôle et après une procédure de prolongation vers le haut de 100m. Données interpolées par krigage.

Levé magnétométrique (GSM-19WG)
Correction au pôle du champ magnétique total
et projection vers le haut de 200m

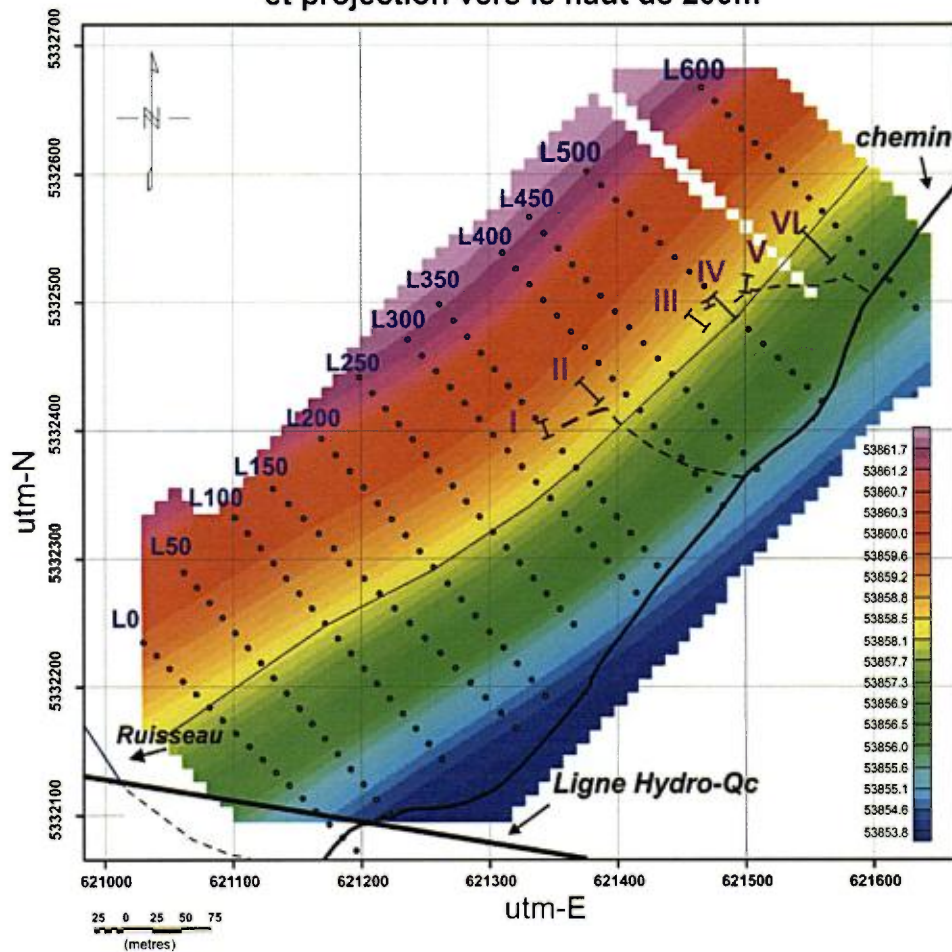


Figure 52. Variabilité spatiale des valeurs du champ magnétique total corrigé au pôle et après une procédure de prolongation vers le haut de 200m. Données interpolées par krigeage.

4.4 LEVÉ DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE (IMAGERIE TOMOGRAPHIQUE GÉOÉLECTRIQUE)

Dans cette partie du rapport nous présentons brièvement les principales caractéristiques des sections des lignes **350**, **450** et **600**. Ces sections sont présentées du SE vers le NO. L'espacement inter-électrode était de 5m lors de la réalisation du levé de résistivité électrique sur les lignes **350**, **450** et **600**.

Ligne 350

Les données de résistivité électrique de la ligne **350** montrent la présence du socle rocheux résistif marqué par trois domaines (I, II et III) (**Figure 53**). Le premier, moins résistif (I), est localisé entre 0 et 100m et semble associé à la présence de roches plus conductrices probablement dominées par des shales. Le second domaine plus résistif (II), localisé entre 115 et 225m, est probablement associé à une unité dominée par des grès. Le troisième domaine (III), un peu moins résistif, situé entre 255 et 310m correspond probablement à une alternance de grès et siltstones.

Les contacts, entre ces unités rocheuses, semblent sub-verticaux et donc conformes aux données structurales que nous avons mesurées dans le secteur. Une unité nettement plus conductrice (moins résistive) (IV) est présente tout le long des 400m de la section. Malgré l'absence de forage dans ce secteur, nous croyons que cette unité géoélectrique pourrait être constituée de roc altéré (saprolite?) et variablement hydraté. Une unité subhorizontale recouvre l'unité IV et correspond en grande partie au mort terrain (unité V) constitué de sols et possiblement d'une fine couche de dépôts quaternaires électriquement résistifs. Notez que l'automne 2015 a été extrêmement sec dans cette région du Québec et que le levé a été fait en décembre 2015 (température de -10°C) donc sur un sol gelé. Ces conditions peuvent avoir accentuées le caractère électriquement résistif de l'unité V.

La position approximative de la veine de quartz observée dans la tranchée I est indiquée sur la section de la ligne 350. Les données de résistivité électrique

mesurée au voisinage immédiat de la veine ne montrent pas de signatures particulières (**Figure 53**).

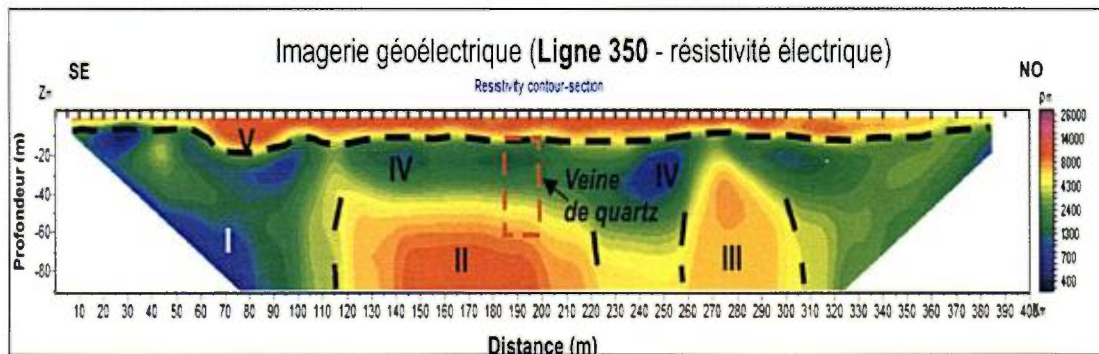


Figure 53. Section de résistivité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne 350. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux.

La **figure 54** montre les données, modélisées de la chargeabilité électrique (polarisation induite), observées le long de la ligne 350. Quoique les valeurs de chargeabilité ne soient pas élevées, les données profondes (plus de 30m) sont généralement plus élevées. La section de la **figure 54** montre la présence de deux domaines de chargeabilité électrique (I et II). Le premier (I), situé entre 75 et 155m, montre des données de chargeabilité extrêmement faibles tandis que le second (II), situé entre 175 et 320m, montre des données de plus haute valeur de chargeabilité.

Compte tenu du type de géologie observé dans le secteur, il est probable que l'unité II comporte une certaine proportion de pyrite dissiminée. Les grès étant plus poreux que les shales, il est probable que des fluides hydrothermaux et ou métamorphiques aient circulés dans ces roches sédimentaires et précipités des sulfures. Une troisième unité (III), présente a plus faible profondeur, semble correspondre a l'unité résistive IV de la figure précédente. Les valeurs de chargeabilité sont généralement faibles dans cette unité. L'intempérisme chimique et mécanique, lors de la formation du profil d'altération de subsurface,

peut détruire les sulfures dissimulés normalement stables dans les roches sédimentaires non-altérées par les processus pédogéniques et climatiques.

La section de la **figure 54** indique la présence d'une fine couche hétérogène de subsurface (**unité IV**) probablement associée au sol et ou autres unités quaternaires de subsurface. Tout comme pour l'unité III, notez que le drainage de ces matériaux, par les eaux oxydantes provenant des précipitations locales (pluie, fonte de la neige) a tendance à diminuer les valeurs de chargeabilité électrique en raison de l'instabilité des sulfures.

La position approximative de la veine de quartz observée dans la tranchée I est indiquée sur la section de chargeabilité électrique de la ligne **350** (**Fig. 54**). Tout comme pour les valeurs de résistivité électrique (**Fig. 53**), les données chargeabilité électrique, mesurées au voisinage immédiat de la veine de quartz, ne montrent pas de signatures particulières.

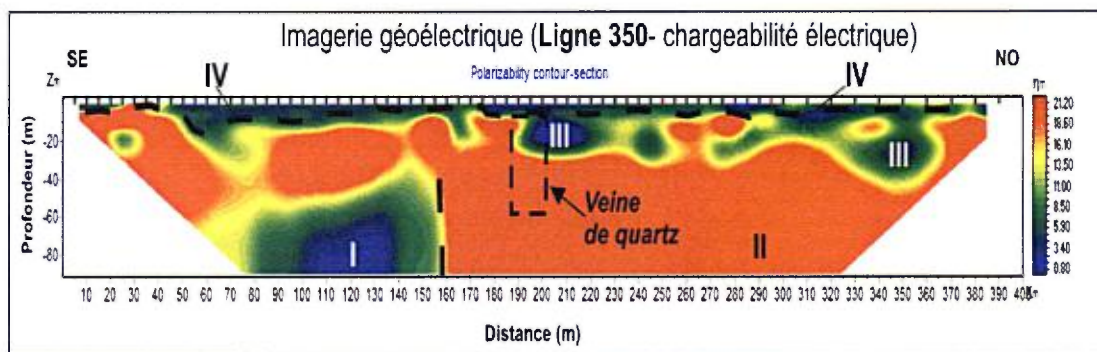


Figure 54. Section de chargeabilité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne **350**. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux.

Ligne 450

Les données de résistivité électrique de la ligne **450** montrent la présence du socle rocheux résistif marqué par trois domaines. Le premier, plus résistif (I), est localisé entre de 30 et 100m et est probablement associé à une unité dominée par des grès résistifs. Le second domaine (II), un peu moins résistif, est probablement constitué d'une unité dominée par des grès et silstones. Cette unité est observée dans les tranchées du site de Roncevaux. Le contact entre ces unités semble également sub-vertical. Contrairement à la section de la ligne **350** (**Fig. 53**), l'unité moins résistive sub-horizontale, interprétée comme possiblement saprolitique (IV), est beaucoup moins bien développée le long de la section **450**. Ceci est compatible avec la carte magnétique de la **figure 46** qui montre la quasi absence de matériaux magnétiques le long de la ligne **450** par rapport à la ligne **350**.

La position approximative de la veine de quartz observée dans la tranchée I est indiquée sur la section de la ligne **450** (**Fig. 55**). Les données de résistivité électrique mesurées au voisinage immédiat de la veine de quartz principale ne montrent pas de signatures particulières.

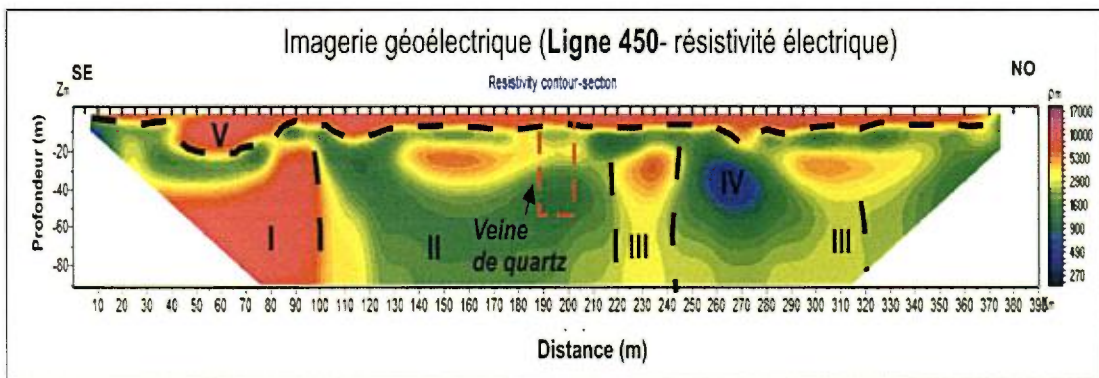


Figure 55. Section de résistivité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne **450**. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux.

La **figure 56** montre les données, modélisées de la chargeabilité électrique (polarisation induite), observées le long de la ligne **450**. Quoique les valeurs de chargeabilité ne soient pas élevées, les données profondes sont généralement plus élevées. La section de la **ligne 450** montre la présence de deux domaines de chargeabilité électrique (**I** et **II**). Le premier (**I**), situé entre 60 et 180m, montre des données de chargeabilité variables et d'apparences pseudo-stratifiées tandis que le second (**II**), situé entre 175 et 320m, montre des données de plus haute valeur de chargeabilité distribuée d'une façon homogène. Compte tenu du type de géologie observé dans le secteur, il est probable que l'unité **II** comporte une certaine proportion de pyrite dissiminée dans des grès et ou siltstones. La partie sommitale de la section, des données de chargeabilité électrique, montre une diminution généralisée des valeurs de chargeabilité électrique en se dirigeant vers la surface (**III**). Contrairement à la section de la figure 54 (ligne 350), le domaine **III** est beaucoup plus régulier. Ce domaine est recouvert d'une fine couche de faibles valeurs de chargeabilité probablement associée au sol (domaine **IV**). La position approximative de la veine de quartz est indiquée sur la section de chargeabilité électrique de la ligne **450** (**Fig. 56**). Tout comme pour les valeurs de résistivité électrique (**Fig. 55**), les données chargeabilité électrique, mesurées au voisinage immédiat de la veine de quartz, ne montrent pas de signatures particulières.

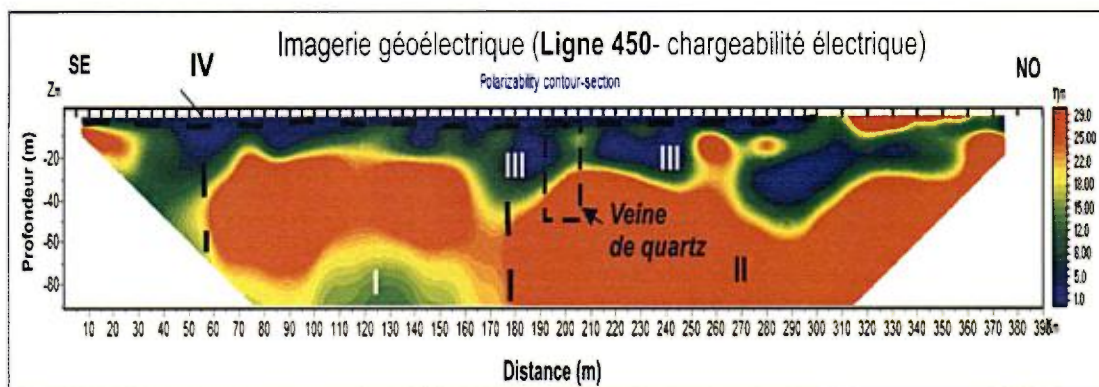


Figure 56. Section de chargeabilité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne **450** Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux.

Ligne 600

Les données de résistivité électrique de la ligne **600** montrent également la présence du socle rocheux sédimentaire résistif marqué par trois domaines (**Fig. 57**). Le premier, moins résistif (**I**), est localisé en début de section (de 30 à 85m) et est probablement associé à l'unité dominée par des shales. Le second domaine (**II**), plus résistif, est probablement constitué d'une unité de roches sédimentaires dominée par des grès. Le contact entre ces unités semble sub-vertical. Un domaine, un peu moins résistive (**III**), est présent entre 145 et 195m. Ce dernier est possiblement constitué de matériaux grésilo-silteux. Tout comme pour la section de la ligne **350** (**Fig. 53**), nous croyons que le domaine IV géoélectrique pourrait être constituée de roc altéré (saprolite?) et hydraté. Une unité subhorizontale recouvre le domaine IV et correspond en grande partie au mort terrain (**domaine V**) électriquement résistif. La position approximative de la veine de quartz observée dans le secteur de la ligne **600** est indiquée sur la section de chargeabilité électrique de la **figure 58**. Tout comme pour les valeurs de résistivité électrique (**Fig. 57**), les données chargeabilité électrique, mesurées au voisinage immédiat de la veine de quartz, ne montrent pas de signatures particulières.

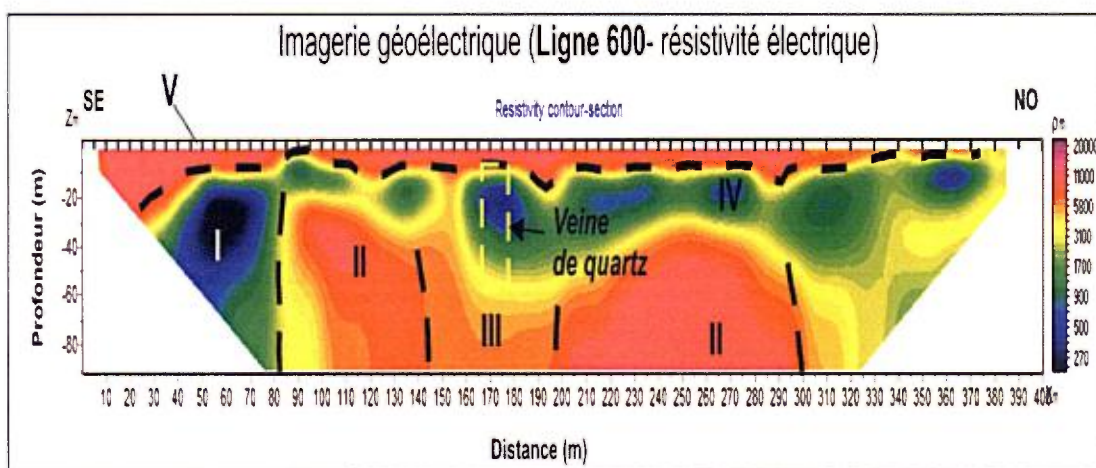


Figure 57. Section de résistivité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne **600**. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux.

La **figure 58** montre les données de chargeabilité électrique observées le long de la ligne **600**. Dans l'ensemble, les données soulignent la présence de deux domaines (I et II) délimités par un contact subvertical localisé vers 260m. Le domaine I correspond à une unité de matériaux électriquement peu chargeables comparativement au domaine II situé vers le nord de la section (de 260m à 400m). Tout comme pour les données de résistivité électrique, les données de chargeabilité électrique montrent de fortes hétérogénéités entre la surface (0m) et 35m de profondeur. Ceci reflète probablement la présence de saprolites hétérogènes dans cette partie de la propriété. Tout comme pour les valeurs de résistivité électrique (**Fig. 57**), les données chargeabilité électrique, mesurées au voisinage immédiat de la veine de quartz, ne montrent pas de signatures particulières.

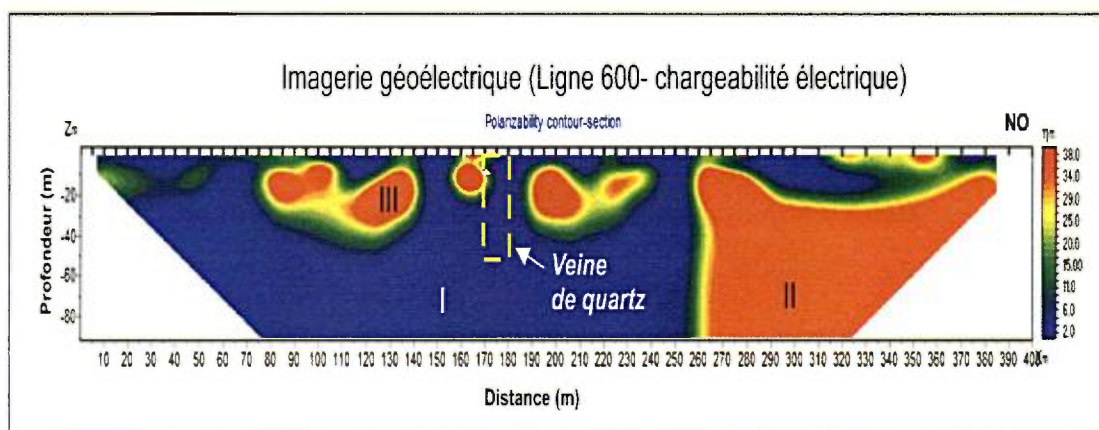


Figure 58. Section de chargeabilité électrique (imagerie tomographique géoélectrique) de la ligne **600**. Données mesurées à l'aide du protocole ABEM Gradient 12. La ligne débute à 100m au sud-est et se termine à 100m au nord-ouest du périmètre de coupe de ligne de la propriété Roncevaux.

5. DISCUSSION ET CONCLUSION

La détection de veines de quartz relativement épaisses est théoriquement possible de par la haute résistivité électrique et faible susceptibilité magnétique du quartz. À priori, les méthodes utilisées dans le cadre de ce projet devraient être adaptées pour ce type d'exploration géophysique.

Dans le cas présent, la détection des veines de quartz est compliquée de par la nature relativement résistive des roches sédimentaires du Groupe de Fortin. Contrairement à d'autres roches sédimentaires appalachiennes, les roches du Groupe de Fortin semblent avoir été affétées régionalement par une maturation thermique importante. Tout comme observée dans l'ensemble du Groupe de Témiscouata au Bas St-Laurent, cette maturation thermique, qui passe progressivement au métamorphisme de bas grade, est accompagnée d'une augmentation de la résistivité électrique des roches sédimentaires et donc d'une diminution du contraste entre les veines de quartz et les roches sédimentaires thermiquement évoluées. De plus, les veines de quartz du gîte de Roncevaux sont variablement fracturées ce qui tend à diminuer leurs valeurs de résistivité électrique en se rapprochant de valeurs normalement observées dans les roches sédimentaires encaissantes.

De plus, les contrastes de susceptibilité magnétique observés entre les roches sédimentaires et les veines de quartz sont modérés. La présence de sol, de dépôts quaternaires et probablement de saprolites riches en fer produit une multitude d'anomalies magnétiques peu profondes et visibles sur les cartes du champ magnétique total et du gradient magnétique. Ces anomalies masquent les contrastes, relativement subtils, entre les veines de quartz et les roches sédimentaires. De plus, nos calculs d'estimation de la profondeur des sources des anomalies magnétiques par la méthode de déconvolution d'Euler (maille de 10m) et utilisant des indices structuraux de 1 et de 2 donnent des profondeurs de l'ordre de 20 +/- 10m. Ceci démontre la nature peu profonde des anomalies magnétiques observées sur Roncevaux. La transformation des données magnétiques, par la méthode de prolongation vers le haut, montre bien que les

anomalies magnétiques observées sont peu profondes. Les cartes des données modélisées pour 100 et 200m (équivalent de profondeurs de 50 et 100m) montrent la présence de domaines magnétiques réguliers et parfaitement orientés selon le grain tectonique appalachien dans le secteur. Les veines de quartz, identifiées dans les tranchées, sont localisées dans une zone de transition entre les unités faiblement (SE) et plus fortement magnétique (NO).

Dans le même ordre d'idées, les cartes des données de résistivité électrique apparente (R.E.A) du levé électromagnétique Promis-10 (FDEM) indiquent la présence de deux domaines également orientés selon le grain tectonique régional. Le premier domaine, situé au SE, est moins résistif et le second, situé vers le NO, est nettement plus résistif. Tout comme pour les données magnétiques calculées par la méthode de prolongation vers le haut, les principales zones de quartz de Roncevaux sont situées dans la zone de transition entre les deux domaines de résistivité électrique. Ceci indique la présence d'une unité lithologique plus magnétique et résistive vers le NO et une moins magnétique et résistive vers le SE. La mise en place des veines de quartz entre ces deux unités témoigne d'une anisotropie probable reliée aux contrastes rhéologiques entre les deux unités. Celle du sud-est étant plus argileuse et celle du nord-ouest plus gréseuse.

L'examen détaillé, en section, des données du levé Promis-10 souligne la possibilité de détecter directement la présence de veines de quartz en recherchant spécifiquement des anomalies de résistivité électrique apparente de haute fréquence par rapport à la régionale. Ceci est évident sur les sections des données de R.E.A. pour des inductions électromagnétiques à moins de 14080 Hz. Pour ces fréquences, la présence de quartz est suggérée par la présence de pics positifs de R.E.A.. L'examen attentif des courbes suggère de plus la présence d'autres veines de quartz situées plus vers le NO. Ces anomalies n'ont pas été investiguées par des tranchées et devraient faire l'objet de travaux d'exploration.

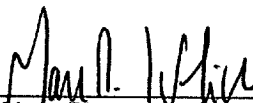
Pour ce qui est des travaux de tomographie géoélectrique réalisés sur la propriété Roncevaux, les signatures géoélectriques des veines de quartz ne contrastent pas suffisamment avec celles des roches encaissantes. Compte tenu de la nature résistive des sols, lors du levé de décembre 2015, et de la puissance d'injection de courant modérée lors de la réalisation de levés de résistivité électrique tomographique, les voltages mesurés étaient relativement faibles. De plus, la présence d'une ligne de haute tension d'Hydro-Québec, passant en bordure de périmètre du levé géophysique, complique l'acquisition des données en créant un milieu particulièrement bruité. Malgré ces problèmes, les données du levé de résistivité électrique et de chargeabilité permettent de documenter la variation d'épaisseur du mort-terrain ainsi que la présence de saprolites variablement saturées en eau reposant au-dessus d'un socle rocheux sédimentaire résistif du Groupe de Fortin.

5.1 RECOMMANDATIONS :

Il est recommandé de poursuivre l'exploration de la propriété afin de trouver des veines de quartz massives de haute pureté. La veine principale, intersectée par les tranchées existantes, semble se poursuivre vers le SO de la carte. La carte de la composante en quadrature du levé GEM2 (fréquence d'induction de 14550Hz) (fig.35) suggère la présence de quartz d'une épaisseur significative entre les lignes 50 et 150 et plus spécifiquement à une distance de 90m du début des lignes. Dans le même ordre d'idées, les données du levé Promis-10, présentées en section, pour les fréquences d'induction de 3520 et 14080Hz (fig. 21 et 22) suggèrent fortement la présence de quartz le long des lignes 100, 200, 250, 300. Des tranchées ou des forages devraient être réalisés dans ce secteur de la propriété Roncevaux.

Compte tenu du contexte problématique relié à la présence d'une ligne électrique HT, il serait possible d'améliorer la détection des veines de quartz en réalisant un levé en mode pôle-dipôle et en utilisant le système ERT de Zonge (MUX). Ce système utilise un émetteur plus puissant (5-10 ampères) et une injection de 1000 volts.

Complété à Québec, le 22 octobre 2016



Marc Richer-Lafleche, géo.
No. permis : 1055

6. RÉFÉRENCES

Barrette, Jean-Paul. 2003. *Rapport des travaux d'exploration minière sur la veine de quartz pur. Projet Silice Roncevaux, canton Roncevaux, Gaspésie.* GM60610. 45 pages. 2 plans

Bédard, P. et David, P.P., 1991. La météorisation sur les hauts plateaux de la Gaspésie (Québec) : quelques aspects. *Géographie physique et Quaternaire*, Volume 45, numéro 2, 1991, p. 195-211

Blakely, R.J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications.* Cambridge, University Press, UK.

Huang, H. et Won, I.J., 2000, Conductivity and susceptibility mapping using broadband electromagnetic sensors: *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, v. 5, no. 4, p. 31-41.

Huang, H., Deszcz-Pan, M. et Smith, B., 2008. *Limitations of small EM sensors in resistive terrain.*

Hinze, W. et al., 2005. New standards for reducing gravity observations : The North American Gravity Database, *Geophysics*, 70, 4, PP 25-32.

Jacobsen, 1987, A case for upward continuation as a standard separation filter for potential- field maps, *Geophysics*, v. 52. #8, p. 1138 – 1148.

Jorgensen, C., 2004. Tectonic interpretation using potential field data for the Sweetgrass Arch Area, Montana-Alberta, Saskatchewan. Rocky Mountain Section AAPG Meeting, Denver, Colorado, August 9-11, 2004. P. 1-7.

Miller, H.G. et Singh, V., 1994. Potential field tilt—a new concept for location of potential field sources. *Journal of Applied Geophysics* 32, 213–217.

Murray, C., et Keiswetter, D., 1998, Application of magnetic and multi-frequency EM techniques for landfill investigations: Case histories: SAGEEP Conference Proceedings, p. 445-452.

Reid, A. B., Allsop, J. M., Grasner, H., Millett, A. J., et Somerton, I. W., 1990, Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution, *Geophysics*, 55 80–91.

Spies, R.B., et Frischknecht, C.F., 1991, Electromagnetic sounding in Nabighian, M.N., ed., *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics*, Society of Exploration Geophysicists, v.2, Application, p. 285-425.

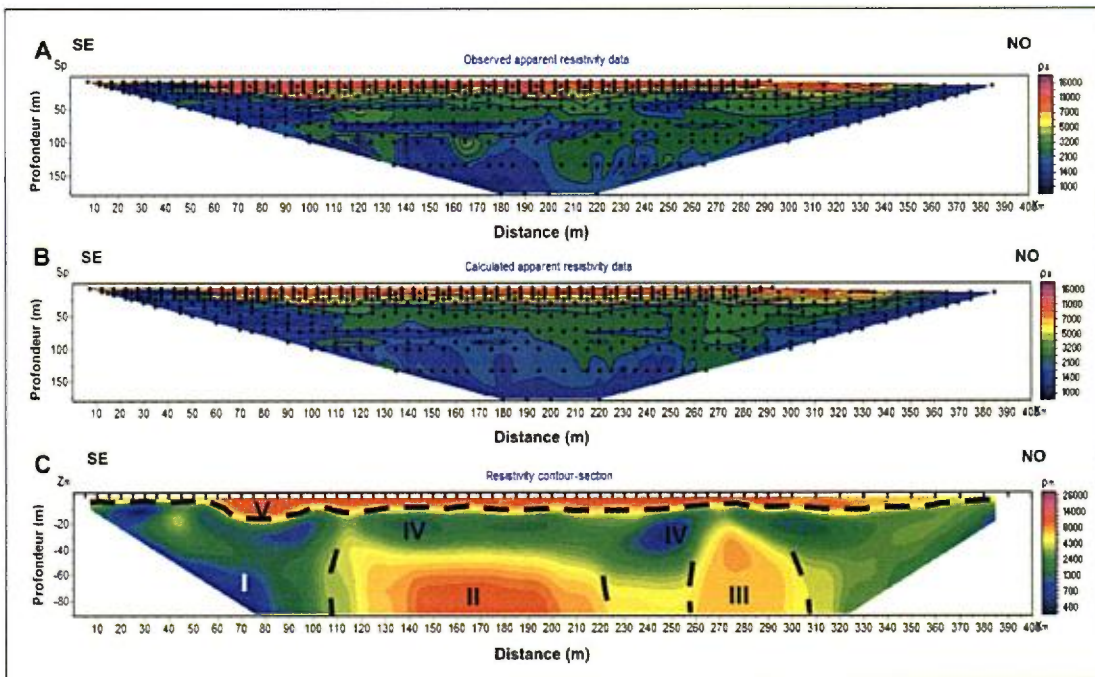
Won, I.J., Keiswetter, D., Fields, G., et Sutton, L., 1996, GEM-2: A new multifrequency electromagnetic sensor: *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, v. 1, no. 2, p. 129-137.

ANNEXES

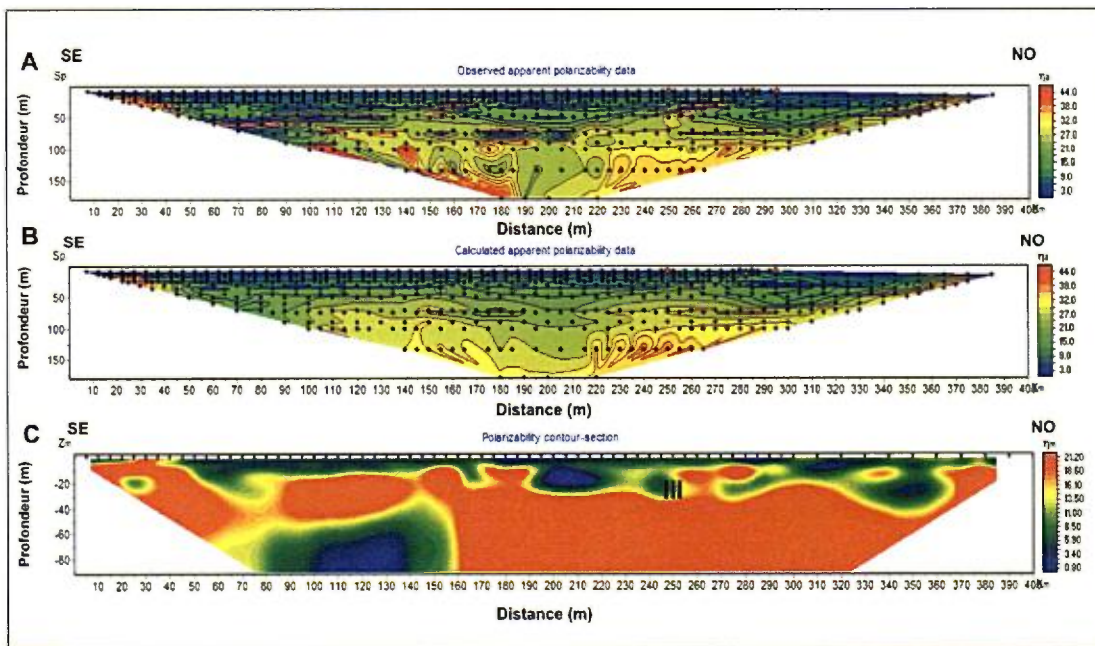
Sections des données du levé géoélectrique ABEM Terrameter-LS
réalisé sur la propriété Roncevaux

(décembre 2015)

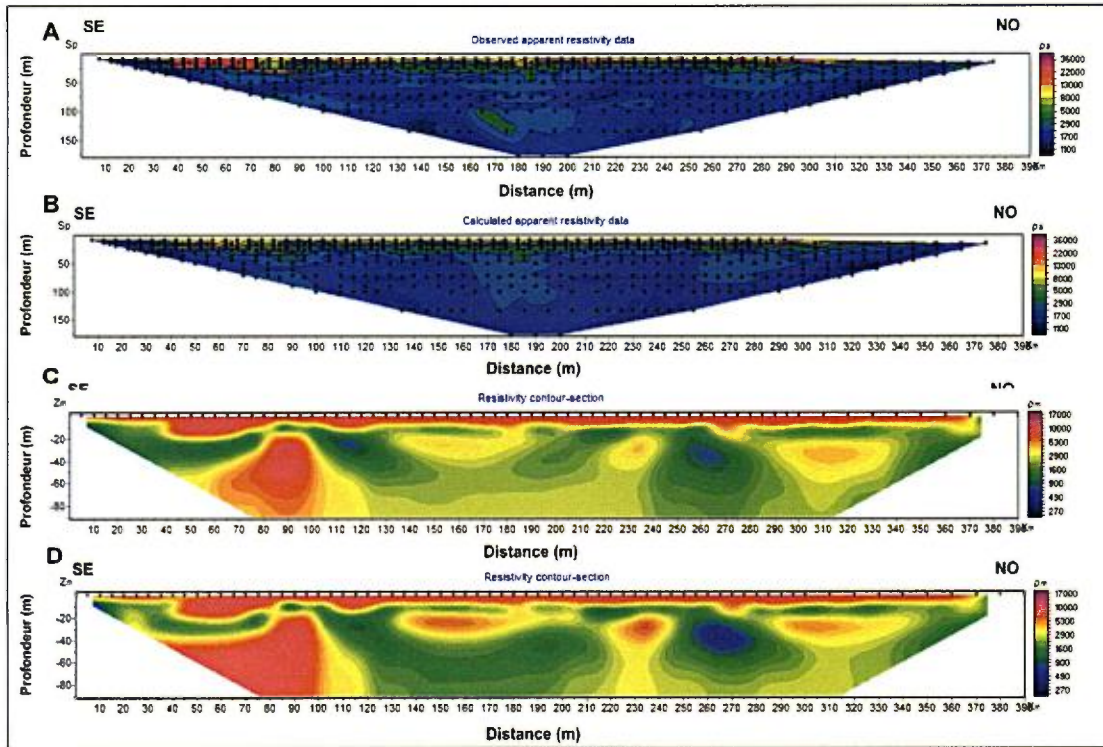
Imagerie géoélectrique (Ligne 350- résistivité électrique)



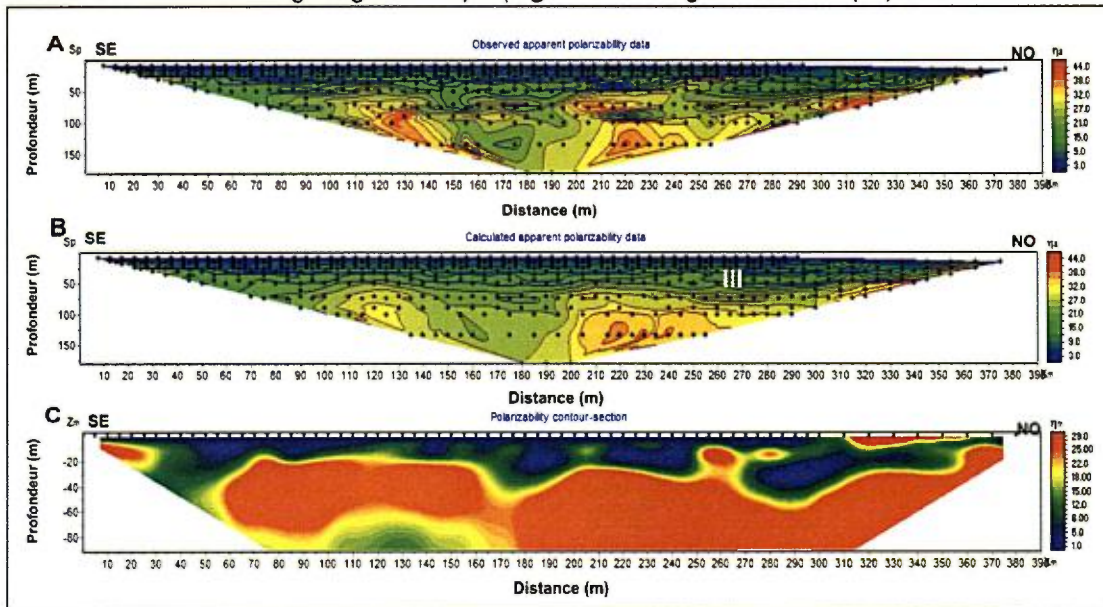
Imagerie géoélectrique (Ligne 350- chargeabilité électrique)



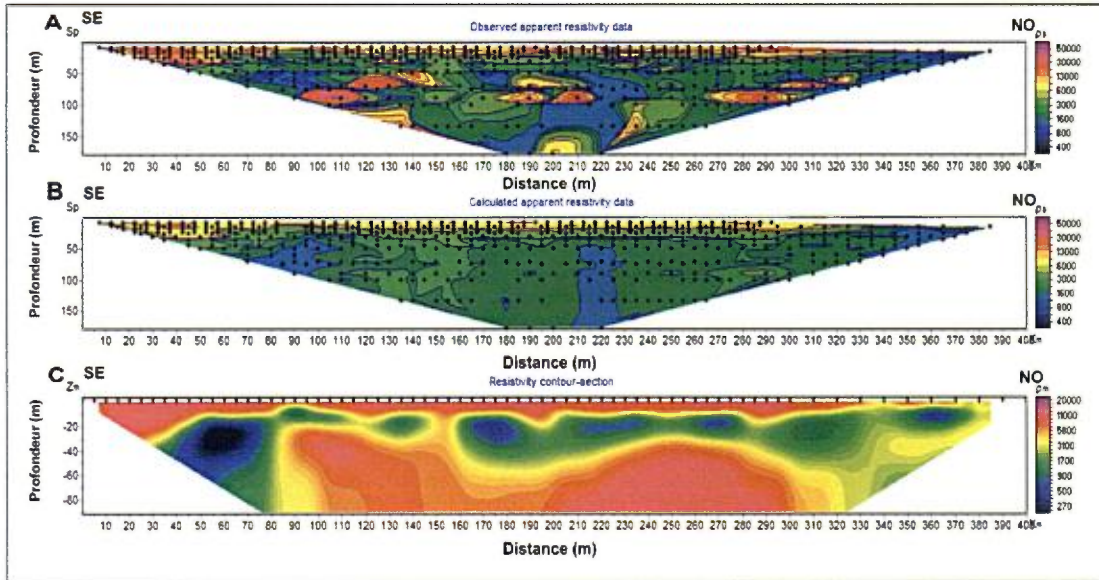
Imagerie géoélectrique (Ligne 450 - résistivité électrique)



Imagerie géoélectrique (Ligne 450 - chargeabilité électrique)



Imagerie géoélectrique (Ligne 600 - résistivité électrique)



Imagerie géoélectrique (Ligne 600 - chargeabilité électrique)

