
REHAUSSEMENT ET INTERPRETATION DES LEVES DE SEDIMENTS DE RUISSEAUX

Partie B : Sédiments de ruisseaux de La Grande

Projet 2009-02

PAR : SYLVAIN TREPANIER
AVRIL 2010



CONSOREM

Consortium de recherche
en exploration minérale

AVERTISSEMENT

Ce document présente certains résultats des travaux de recherche du CONSOREM (Consortium de Recherche en Exploration minière) rendus publics pour le bénéfice de l'ensemble de la communauté géologique, ceci après la période de confidentialité prévue aux règlements généraux du CONSOREM.

Bien que ce document ait subi un processus d'évaluation interne, des erreurs ou omissions peuvent s'y retrouver et seul CONSOREM en assume la responsabilité.

Le contenu du document demeure la propriété de son auteur et du CONSOREM et peut être reproduit en totalité ou en partie à des fins non-commerciales en citant la référence suivante :

Trépanier, S. 2010. Rehaussement et interprétation des levés de sédiments de ruisseaux, Partie B : Sédiments de ruisseaux de La Grande. *Projet CONSOREM 2009-02*, 66 p.

Toutefois, la reproduction multiple de ce document, en tout ou en partie, pour diffusion à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de CONSOREM.

CONSOREM

Université du Québec à Chicoutimi
555, boulevard de l'Université
Chicoutimi, QC, G7H 2B1

Tél. : (418) 545-5011 poste 5634

Courriel : consorem@uqac.ca

Site Web: www.consorem.ca

RÉSUMÉ

La géochimie des sédiments de ruisseaux est un outil important pour l'exploration minière. L'utilisation des sédiments de ruisseaux en exploration soulève toutefois plusieurs questions. Le choix des éléments à considérer, des méthodes de détermination d'anomalies et les distances de dispersion pour différents métaux et types de minéralisations constituent des exemples de sujets importants à considérer en exploration. Ces différentes questions sont abordées dans le cadre de ce projet par une étude détaillée des données du secteur de La Grande.

Les sédiments de ruisseaux du secteur de La Grande ont été analysés par absorption atomique par la SDBJ dans les années 70. Une partie des échantillons ont été réanalysés par activation neutronique durant les années 90. D'autres échantillons ont également été réanalysés par spectromètre de masse en 2003. Les données ont été séparées en trois banques de données distinctes selon les analyses qui y ont été effectuées.

Trois méthodes de détermination d'anomalies ont été appliquées sur les trois banques de données. La première consiste simplement à calculer des centiles sur l'ensemble de la banque de données. Le logiciel COSOREM de traitement des données de la géochimie de l'environnement secondaire a également été utilisé pour calculer la statistique U pour chacune des banques et pour traiter les réanalyses par ICP par une régression spatiale.

La signature des différentes catégories de minéralisations et de différents sous-secteurs de la région a été étudiée par le biais d'une analyse statistique basée sur les probabilités conditionnelles. Chacune des banques et des méthodes de détermination des anomalies ont été étudiées. L'analyse des résultats permet de constater que la méthode la plus efficace pour cibler les minéralisations du secteur est la statistique U. Ceci indique que les minéralisations du secteur donnent des anomalies qui sont généralement visibles sur plusieurs échantillons regroupés. La régression spatiale ne permet pas de rehausser de façon efficace les anomalies, ce qui indique que les signaux des anomalies géochimiques sont clairs par rapport au bruit de fond.

Des études de cas des principaux secteurs minéralisés ont été réalisées. Ces études de cas permettent de caractériser les éléments anormaux et les distances de dispersion. Ces études ont permis de constater entre autres que l'arsenic n'est pas le meilleur traceur pour les minéralisations aurifères du secteur. D'autres éléments comme le bismuth, le bore, le tungstène et le platine semblent plus intéressants dans plusieurs cas.

À partir des études de cas et des probabilités conditionnelles, différents indices composites basés sur les centiles des valeurs brutes et de la statistique U sont proposés.

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|------------|
| AVERTISSEMENT | I |
| RÉSUMÉ | II |
| TABLE DES MATIERES..... | III |
| LISTE DES FIGURES | V |
| LISTE DES TABLEAUX | VII |
| 1 INTRODUCTION | 1 |
| 2 DONNEES DE SEDIMENTS DE RUISSEAUX ET DE LACS | 1 |
| 2.1 Données de sédiments de ruisseaux..... | 1 |
| 2.1.1 Méthodes d'échantillonnage, méthodes analytiques et implications pour l'analyse . | 3 |
| 2.1.2 Qualité des analyses..... | 5 |
| 2.2 Données de sédiments de lacs..... | 6 |
| 2.2.1 Méthodes d'échantillonnage, méthodes analytiques et implications pour l'analyse . | 8 |
| 3 METHODES DE DETERMINATION DES ANOMALIES | 10 |
| 4 ASSOCIATIONS STATISTIQUES ENTRE MINERALISATIONS ET RUISSEAUX..... | 11 |
| 4.1 Méthodologie..... | 11 |
| 4.1.1 Région d'étude et éléments considérés..... | 11 |
| 4.1.2 Catégorisation des minéralisations de la région..... | 12 |
| 4.1.3 Probabilités conditionnelles d'association entre teneurs et minéralisations..... | 13 |
| 4.2 Résultats | 14 |
| 4.2.1 Probabilités conditionnelles d'association entre teneurs et minéralisations..... | 14 |
| 4.3 SYNTHÈSE DES ÉTUDES STATISTIQUES | 14 |
| 4.3.1 Comparaison des méthodes de rehaussement des anomalies | 14 |
| 4.3.2 Efficacité des sédiments de ruisseaux pour différents assemblages métalliques et secteurs..... | 14 |
| 5 ÉTUDES DE CAS DES PRINCIPAUX GROUPES DE GITES | 16 |
| 5.1 Secteur des gîtes Sommets..... | 16 |
| 5.1.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux..... | 18 |
| 5.1.2 Signature dans les sédiments de lacs | 22 |
| 5.1.3 Comparaison lacs-ruisseaux | 24 |
| 5.2 Secteur des gîtes Tyrone et formation de fer Chiskamish..... | 24 |
| 5.2.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux..... | 26 |
| 5.2.2 Signature dans les sédiments de lacs | 30 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.3 | Secteur des gîtes Orfée | 32 |
| 5.3.1 | <i>Signature dans les sédiments de ruisseaux</i> | 34 |
| 5.3.2 | <i>Signature dans les sédiments de lacs</i> | 36 |
| 5.4 | Secteur Guyer | 37 |
| 5.4.1 | <i>Signature dans les sédiments de ruisseaux</i> | 38 |
| 5.4.2 | <i>Signature dans les sédiments de lacs</i> | 40 |
| 5.5 | Secteur des gîtes Pamor et Maro (uranium) | 42 |
| 5.5.1 | <i>Signature dans les sédiments de ruisseaux</i> | 43 |
| 5.5.2 | <i>Signature dans les sédiments de lacs</i> | 45 |
| 5.6 | Secteur de La Grande Sud | 46 |
| 5.6.1 | <i>Signature dans les sédiments de ruisseaux</i> | 48 |
| 5.6.2 | <i>Signature dans les sédiments de lacs</i> | 52 |
| 5.7 | Secteur nord-est du lac Menarik | 53 |
| 5.7.1 | <i>Signature dans les sédiments de ruisseaux</i> | 55 |
| 5.7.2 | <i>Signature dans les sédiments de lacs</i> | 55 |
| 5.8 | Complexe ultramafique du lac Menarik | 55 |
| 5.8.1 | <i>Signature dans les sédiments de ruisseaux</i> | 57 |
| 5.8.2 | <i>Signature dans les sédiments de lacs</i> | 59 |
| 5.9 | Synthèse de études de cas | 59 |
| 5.9.1 | <i>Minéralisations cuprifères</i> | 59 |
| 5.9.2 | <i>Minéralisations essentiellement aurifères</i> | 59 |
| 5.9.3 | <i>Minéralisations uranifères</i> | 62 |
| 6 | INDICES COMPOSITES ET CIBLES D'EXPLORATION | 64 |
| 7 | CONCLUSION | 64 |
| 8 | REMERCIEMENTS | 65 |
| 9 | REFERENCES | 66 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figure 1. | Localisation générale des levés de sédiments de ruisseaux du secteur de La Grande. | 2 |
| Figure 2. | Échantillons de sédiments de ruisseaux du secteur de la Grande. | 2 |
| Figure 3. | Réanalyses par activation neutronique des sédiments de ruisseaux. | 4 |
| Figure 4. | Réanalyses des sédiments de ruisseaux par torche à plasma. | 5 |
| Figure 5. | Levés de sédiments de lacs réalisés par la SDBJ dans les années 70. | 7 |
| Figure 6. | Échantillons de sédiments de lacs considérés dans le cadre de cette étude. | 7 |
| Figure 7. | Échantillons de sédiments de lacs réanalysés par plasma (PL) en 1996. | 9 |
| Figure 8. | Échantillons de sédiments de lacs réanalysés par torche à plasma (ICP) en 2003. | 10 |
| Figure 9. | Assemblages métalliques des minéralisations du secteur. | 12 |
| Figure 10. | Secteurs de minéralisations pour l'étude statistique. | 13 |
| Figure 11. | Localisation des différents secteurs faisant l'objet d'étude de cas détaillés. | 16 |
| Figure 12. | Géologie et minéralisations (substances) du secteur "Sommets". | 17 |
| Figure 13. | Topographie et minéralisations (noms) du secteur "Sommets". | 18 |
| Figure 14. | Cuivre dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Sommets". | 19 |
| Figure 15. | Sélénium dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Sommets". | 19 |
| Figure 16. | Contours des anomalies en cuivre, zinc, sélénium et argent, secteur Sommet. Les contours correspondent au 90 ^e centile d'une interpolation par voisins naturels. | 20 |
| Figure 17. | Contours des anomalies en cuivre, barium, cobalt et uranium. Les contours correspondent au 90 ^e centile d'une interpolation par voisins naturels. | 21 |
| Figure 18. | Anomalies inexplicables dans les sédiments de ruisseaux, secteur Sommet. | 22 |
| Figure 19. | Cuivre dans les sédiments de lacs, secteur "Sommets". | 23 |
| Figure 20. | Arsenic dans les sédiments de lacs, secteur "Sommets". | 23 |
| Figure 21. | Géologie et minéralisations (substances), secteur "Tyrone 1-6". | 25 |
| Figure 22. | Topographie et minéralisations (noms), secteur « Tyrone 1-6 ». | 25 |
| Figure 23. | Cuivre dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Tyrone 1-6". | 26 |
| Figure 24. | Molybdène dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Tyrone 1-6". | 27 |
| Figure 25. | Contours des anomalies en cuivre, molybdène et cobalt, secteur Tyrone. Les contours correspondent au 90 ^e centile d'une interpolation par voisins naturels. | 27 |
| Figure 26. | Vue régionale des anomalies en cuivre dans les ruisseaux interpolées par voisins naturels, secteur Tyrone. | 28 |

| | |
|---|----|
| Figure 27. Vue régionale des anomalies en molybdène dans les ruisseaux interpolées par voisins naturels, secteur Tyrone. | 28 |
| Figure 28. Anomalies inexplicées dans les sédiments de ruisseaux, secteur Tyrone 1-6. | 30 |
| Figure 29. Cuivre dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6". | 31 |
| Figure 30. Molybdène dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6". | 31 |
| Figure 31. Arsenic dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6". | 32 |
| Figure 32. Géologie et minéralisations (substances), secteur Orfée. | 33 |
| Figure 33. Topographie et minéralisations (noms), secteur Orfée. | 33 |
| Figure 34. Arsenic (ICP) dans les sédiments de ruisseaux, secteur Orfée. | 34 |
| Figure 35. Molybdène dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6". | 35 |
| Figure 36. Tungstène (ICP) dans les sédiments de ruisseaux, secteur Orfée. | 35 |
| Figure 37. Or (AN) dans les sédiments de lacs, secteur Orfée. | 36 |
| Figure 38. Arsenic (AA) dans les sédiments de lacs, secteur Orfée. | 36 |
| Figure 39. Géologie et minéralisations (substances), secteur Guyer. | 37 |
| Figure 40. Topographie et minéralisations (noms), secteur Guyer. | 37 |
| Figure 41. Cuivre dans les sédiments de ruisseaux, secteur Guyer. | 38 |
| Figure 42. Zinc dans les sédiments de ruisseaux, secteur Guyer. | 39 |
| Figure 43. Anomalies inexplicées dans les sédiments de ruisseaux, secteur Guyer. | 40 |
| Figure 44. Cuivre dans les sédiments de lacs, secteur Guyer. | 41 |
| Figure 45. Zinc dans les sédiments de lacs, secteur Guyer. | 41 |
| Figure 46. Géologie et minéralisations (substances), secteur des gîtes Pamor et Maro. | 42 |
| Figure 47. Topographie et minéralisations (noms), secteur des gîtes Pamor et Maro. | 43 |
| Figure 48. Uranium dans les sédiments de ruisseaux, secteur des gîtes Maro et Pamor. | 44 |
| Figure 49. Barium dans les sédiments de ruisseaux, secteur des gîtes Maro et Pamor. | 44 |
| Figure 50. Anomalies inexplicées dans les sédiments de ruisseaux, secteur Pamor-Maró. | 45 |
| Figure 51. Géologie et minéralisations (substances), secteur La Grande Sud. | 46 |
| Figure 52. Topographie et minéralisations (noms), secteur La Grande Sud. | 47 |
| Figure 53. Or dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud. | 47 |
| Figure 54. Bore dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud. | 48 |
| Figure 55. Antimoine dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud. | 49 |
| Figure 56. Platine dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud. | 49 |
| Figure 57. Arsenic dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud. | 50 |
| Figure 58. Anomalie de type La Grande Sud, secteur La Grande Sud. | 50 |
| Figure 59. Autres anomalies inexplicées, secteur La Grande Sud. | 51 |

| | |
|---|----|
| Figure 60. Arsenic dans les sédiments de lacs, secteur La Grande Sud. | 52 |
| Figure 61. Au dans les sédiments de lacs par activation neutronique, secteur La Grande Sud. | 53 |
| Figure 62. Géologie et minéralisations (substances), secteur nord-est du lac Menarik. | 54 |
| Figure 63. Topographie et minéralisations (noms), secteur nord-est du lac Menarik. | 54 |
| Figure 64. Contours des anomalies en cuivre, uranium, zinc et cobalt, secteur nord-est du lac Menarik. Les contours correspondent au 90e centile d'une interpolation par voisins naturels. | 55 |
| Figure 65. Géologie et minéralisations (substances), secteur du complexe ultramafique du lac Menarik. | 56 |
| Figure 66. Topographie et minéralisations (noms), secteur du complexe ultramafique du lac Menarik. | 57 |
| Figure 67. Chrome dans les sédiments de ruisseaux, secteur du complexe ultramafique du lac Menarik. | 58 |
| Figure 68. Nickel dans les sédiments de ruisseaux, secteur du complexe ultramafique du lac Menarik. | 58 |
| Figure 69. Anomalies de type "La Grande Sud", secteur La Grande Sud. | 61 |
| Figure 70. Anomalies de type "La Grande Sud", secteur Orfée. | 61 |
| Figure 71. Anomalies de type "Orfée", secteur Orfée. | 62 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1. Corrélations entre les éléments analysés par différentes méthodes analytiques dans les sédiments de ruisseaux | 6 |
| Tableau 2. Associations statistiques significatives entre minéralisations par catégories et secteurs et différents types d'analyses et de méthodes de détermination des anomalies | 15 |
| Tableau 3. Synthèse de la signature des principaux secteurs minéralisés dans les sédiments de lacs et de ruisseaux..... | 63 |

1 INTRODUCTION

Les sédiments de ruisseaux constituent un outil important pour l'exploration. Leur utilisation soulève toutefois une série de questions, telles que :

- Quels sont les éléments qui montrent les anomalies les plus claires associées à différents types de minéralisations et dans différents contextes (ex : sud du Québec vs Moyen-Nord?)
- Quelles sont les meilleures méthodes de détermination des anomalies selon les types de minéralisation et le contexte (ex : densité des levés)?
- Quelles sont les distances de dispersion à partir des minéralisations?
- Quel est l'effet de l'environnement secondaire sur les teneurs? Le bruit de fond causé par l'environnement secondaire est-il plus important que le signal causé par les minéralisations?

Le projet 2008-09 du CONSOREM a abordé ces questions par l'étude des sédiments de ruisseaux du sud-ouest du Grenville. Le projet actuel vise à examiner ces questions par l'examen des données du secteur de La Grande et de la Gaspésie. Ce rapport présente les résultats pour le secteur de La Grande.

2 DONNEES DE SEDIMENTS DE RUISSEAUX ET DE LACS

2.1 Données de sédiments de ruisseaux

Les levés de sédiments de ruisseaux du secteur de La Grande considérés dans le cadre de cette étude ont été réalisés entre 1973 et 1975 par la SDBJ (Cockburn, 1977; **Figure 1**). Il s'agit des levés 1973040, 1974040 et 1975041. Un total de 11 839 échantillons a été prélevé (**Figure 2**). L'échantillonnage a été réalisé avant la formation des réservoirs hydroélectriques. Plusieurs de ces sites sont maintenant submergés.

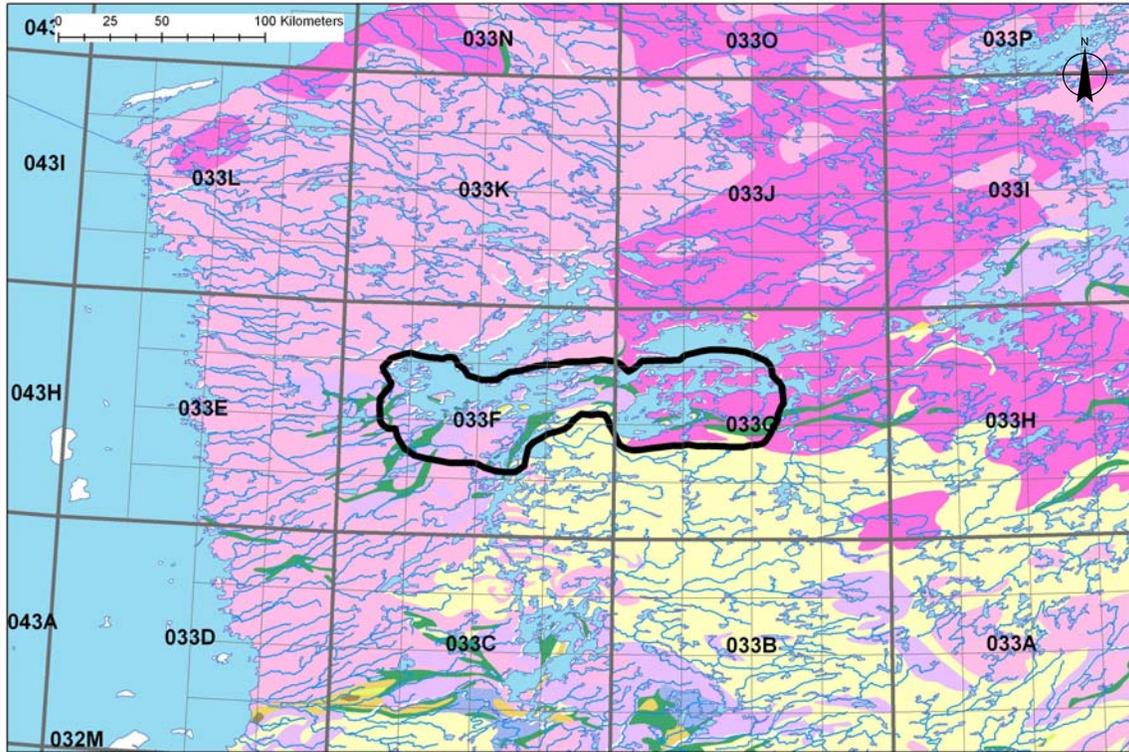


Figure 1. Localisation générale des levés de sédiments de ruisseaux du secteur de La Grande.

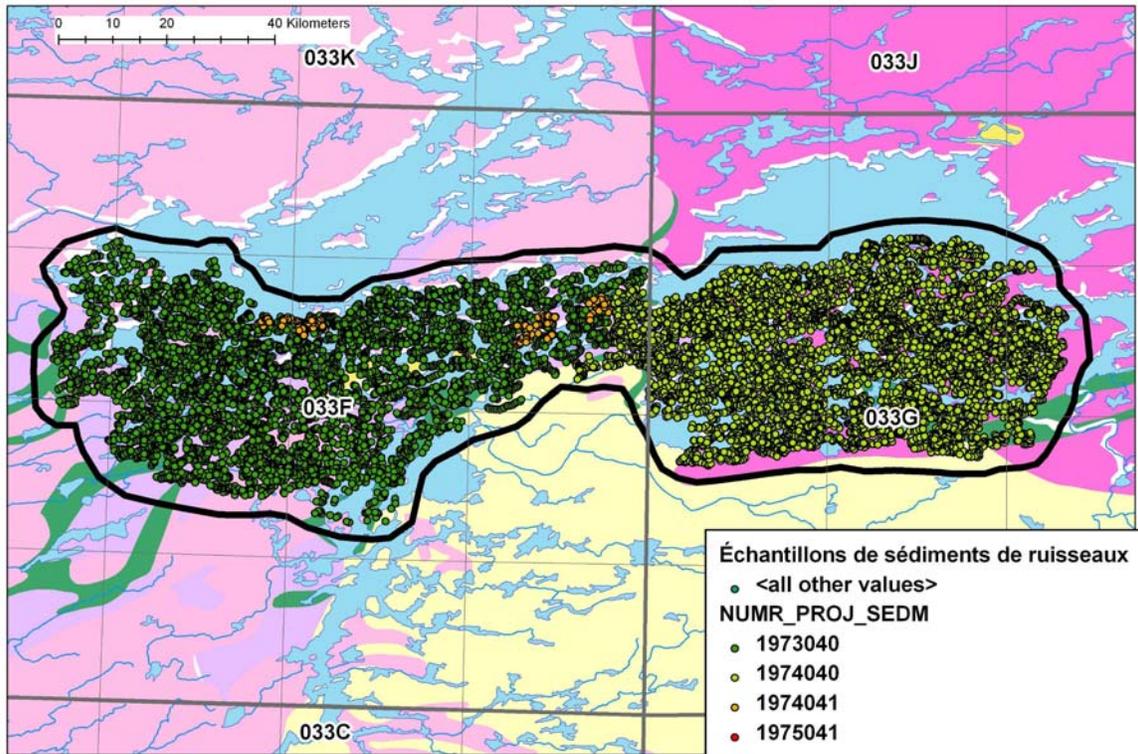


Figure 2. Échantillons de sédiments de ruisseaux du secteur de la Grande.

2.1.1 Méthodes d'échantillonnage, méthodes analytiques et implications pour l'analyse

Le rapport original concernant les levés de ruisseaux (Cockburn, 1977) indique que des sédiments silteux contenant un minimum de matière organique ont été privilégiés. Malgré cette précaution, on rapporte que certains échantillons contiennent des quantités importantes de matière organique (jusqu'à 60 %). Les échantillons ont été tamisés pour obtenir une granulométrie inférieure à 177 microns. Ils incluent donc des sables fins, des silts et des argiles.

Analyses originales par absorption atomique et chromatographie papier

Les analyses originales des sédiments de ruisseaux ont été réalisées par absorption atomique pour tous les éléments sauf l'uranium (chromatographie sur papier). Cependant, des extractions chimiques différentes ont été utilisées pour certains groupes d'éléments. Une extraction par acide nitrique a été utilisée pour 1 854 échantillons. V, Cr, Mo et Cs ont été analysés suite à une extraction par acide chlorhydrique. Une partie des analyses du molybdène ont été réalisées par colorimétrie (3 228). Finalement, une extraction par acide ascorbique a été réalisée avant l'analyse de Sn.

Le rapport original mentionne des problèmes avec les données de Ag. Une procédure de calcul de bruit de fond a été ajoutée en 1974, ce qui fait que les courbes de distribution de cet élément ne sont pas directement comparables entre les deux années.

De même, une procédure de correction pour le bruit de fond a été ajoutée pour Pb en 1975. Toutefois, elle ne concerne qu'une centaine d'échantillons et son effet peut être négligé.

L'examen des données indique qu'un nombre important d'échantillons n'a pas de valeurs pour Cr, V, Cs, Mo, Sn et U. Le rapport original n'en explique pas les causes. Il faut noter qu'il s'agit bien de valeurs absentes et non de valeurs sous la limite de détection.

- V, Cr : 2 428 échantillons sans valeurs
- Mo : 1 854 éch.
- Cs : 7 389 éch.
- U : 853 éch.
- Sn : 1 459 éch.

Réanalyses par activation neutronique (A.N.)

Mille deux cent dix-huit (1 218) échantillons, de 1995 à 1996, ont fait l'objet d'une réanalyse par activation neutronique pour As, Br, Cs, Tn, Sb, Se, U, W et Au. Ces échantillons sont en majorité localisés sur les ceintures de roches volcanosédimentaires (**Figure 3**).

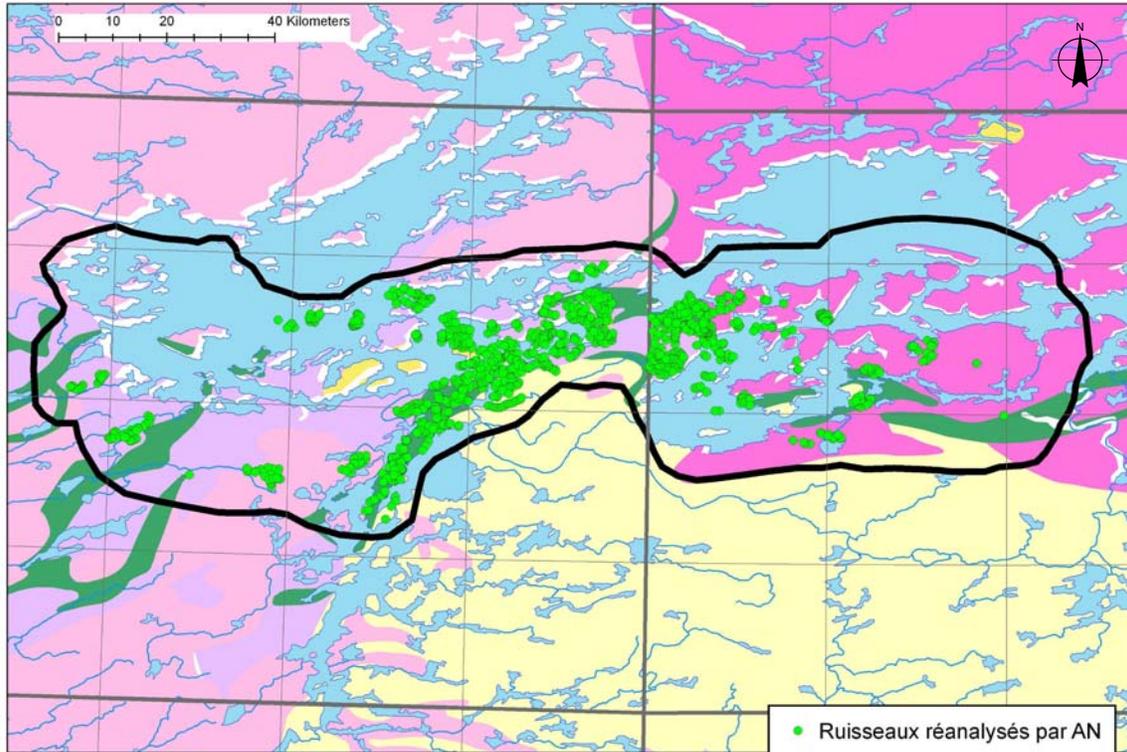


Figure 3. Réanalyses par activation neutronique des sédiments de ruisseaux.

Réanalyses par spectrométrie de masse (I.C.P.)

Huit cent cinquante-trois (853) échantillons ont été réanalysés par spectrométrie de masse en 2003 (Beaumier et Leduc, 2005; **Figure 4**). Ces analyses ont été effectuées en partenariat avec Mines d'Or Virginia, qui a défrayé les coûts des analyses. Ces réanalyses comprennent plus d'une quarantaine de métaux de base et précieux. Les échantillons réanalysés couvrent les secteurs des gîtes La Grande Sud, Orfée et La Grande Nord (gîtes « Sommets »).

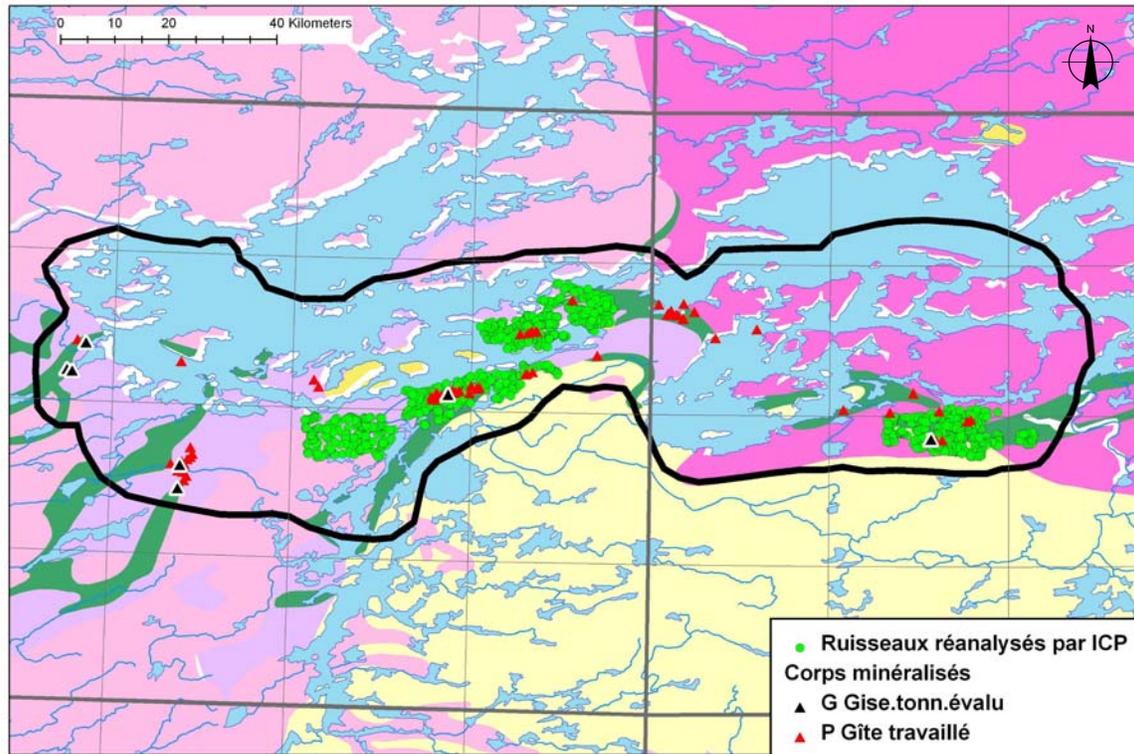


Figure 4. Réanalyses des sédiments de ruisseaux par torche à plasma.

Implications pour l'étude des signatures des minéralisations dans l'environnement secondaire

La proportion de réanalyses de sédiments de ruisseaux par ICP ou AN est relativement faible (moins de 1/6 du total). Toutefois, ces réanalyses couvrent les principales minéralisations de la région. Ceci permettra donc de connaître la signature chimique détaillée de la plupart des minéralisations du secteur. Il faut toutefois noter que certaines minéralisations ne sont pas couvertes par ces réanalyses et qu'en conséquence l'étude de leur signature se limitera aux éléments originaux des analyses.

Implications pour le ciblage de minéralisations aurifères

Les minéralisations aurifères ont typiquement des signatures qui consistent en des éléments qui n'étaient pas analysés au départ dans les ruisseaux de la région (Au, As, Bi, W, Sb, etc.). Par conséquent, le ciblage de minéralisations aurifères devra se limiter aux secteurs réanalysés par AN ou ICP.

2.1.2 Qualité des analyses

On peut évaluer la qualité des différentes analyses par l'étude des corrélations sur des échantillons réanalysés par AN et/ou ICP. Ceci permet d'évaluer quels éléments sont suffisamment fiables pour être utilisés. Le **Tableau 1** montre les corrélations entre les éléments des différents types d'analyses.

Dans l'ensemble, les analyses originales par absorption atomique semblent très fiables puisque les corrélations sont supérieures à 0,9. La seule exception notable est pour Ag. Ceci est

probablement dû aux problèmes mentionnés avec Ag dans le rapport original. En conséquence, les valeurs en Ag par absorption atomique ne seront pas considérées dans l'étude.

Les réanalyses par activation neutronique de W, Se et Sb et pour U par chromatographie papier montrent des corrélations plus faibles avec les réanalyses par ICP. L'examen détaillé des résultats indique que ces faibles corrélations sont principalement dues au fait que les analyses par AN et CP de ces éléments montrent des limites de détection élevées, une plus faible précision, et qu'un nombre important d'analyses est près ou sous la limite de détection. Ces corrélations plus faibles n'indiquent donc pas que les analyses AN ou CP sont mauvaises.

Tableau 1. Corrélations entre les éléments analysés par différentes méthodes analytiques dans les sédiments de ruisseaux.

| Élément | Méthode 1 | Méthode 2 | Corrélation | Note |
|---------|-----------|-----------|-------------|--|
| Cu | AA | ICP | 0,998 | |
| U | ICP | AN | 0,996 | |
| As | ICP | AN | 0,994 | |
| Mo | AA | ICP | 0,962 | |
| Cr | AA | ICP | 0,959 | |
| Zn | AA | ICP | 0,954 | |
| Ba | AA | ICP | 0,951 | |
| V | AA | ICP | 0,95 | |
| Ni | AA | ICP | 0,948 | |
| U | CP | AN | 0,935 | |
| Co | AA | ICP | 0,922 | |
| Mn | AA | ICP | 0,914 | |
| Pb | AA | ICP | 0,843 | |
| U | CP | ICP | 0,812 | limites de détection différentes et 50 % analyses CP sous limite de détection |
| W | ICP | AN | 0,625 | limites de détection différentes et 66 % analyses A.N sous limite de détection |
| Sb | ICP | AN | 0,616 | limites de détection différentes et 40 % analyses A.N sous limite de détection |
| Se | ICP | AN | 0,511 | limites de détection différentes et 95 % analyses A.N sous limite de détection |
| Ag | AA | ICP | 0,257 | Problèmes mentionnés dans le rapport original avec analyses A.A. |

2.2 Données de sédiments de lacs

Les levés de sédiments de lacs du secteur de La Grande considérés dans le cadre de cette étude proviennent également de campagnes réalisées par la SDBJ. Les levés de lacs de la SBDJ couvraient l'ensemble de la Baie James, ce qui représente une région beaucoup plus étendue que les levés de ruisseaux (**Figure 5**). Seuls les 1 424 échantillons de lacs situés à proximité des ruisseaux ont été considérés ici (**Figure 6**). Ils font partie du levé 1957001 réalisé en 1973, 1974 et 1978.

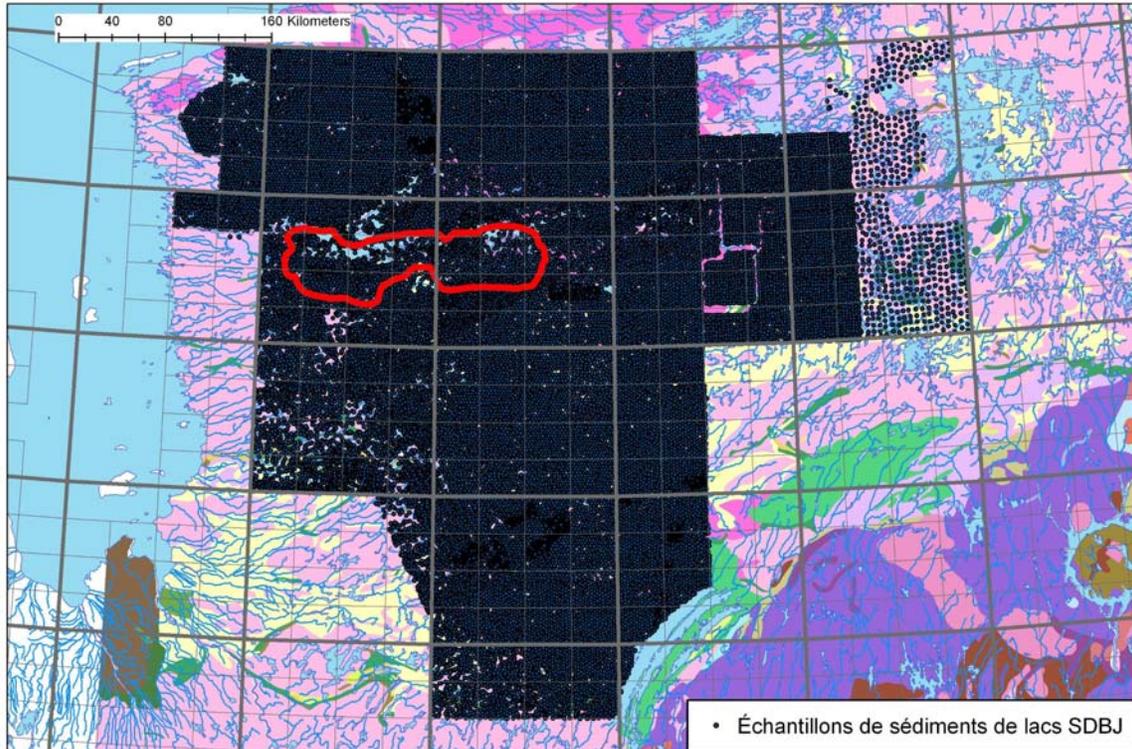


Figure 5. Levés de sédiments de lacs réalisés par la SDBJ dans les années 70.

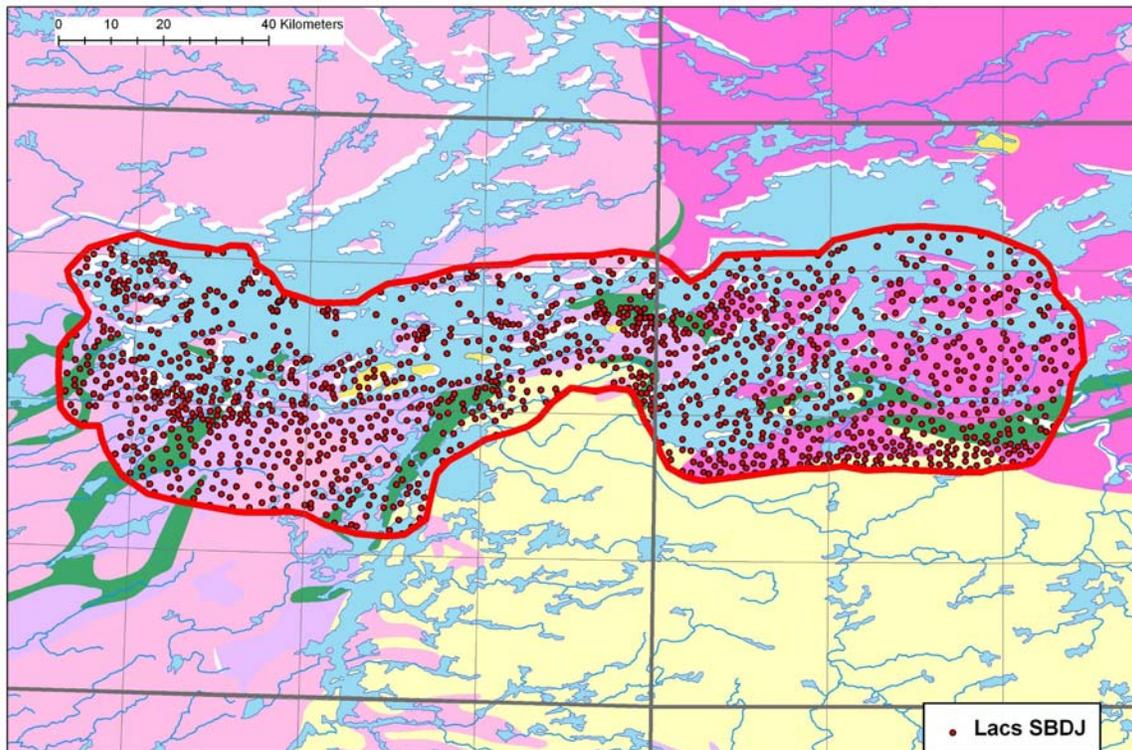


Figure 6. Échantillons de sédiments de lacs considérés dans le cadre de cette étude.

2.2.1 Méthodes d'échantillonnage, méthodes analytiques et implications pour l'analyse

Le rapport original concernant les levés de lacs (Gleeson, 1975, GM 34045) indique que des sédiments organiques constituent 90 % des échantillons. Les échantillons provenant de grands lacs sont plutôt constitués de matériel clastique (silts, sables, argiles). Les échantillons ont été tamisés pour obtenir une granulométrie inférieure à 177 microns. Ils incluent donc des sables fins, des silts et des argiles.

Analyses originales

Les échantillons de sédiments de lacs ont été analysés par absorption atomique précédée par une extraction par acide nitrique pour Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Fe, Mn et Ag. L'arsenic a été analysé par colorimétrie, et l'uranium par fluorimétrie. Finalement, l'analyse du molybdène a été faite par absorption atomique suite à une extraction par acides nitriques et chlorhydriques combinés.

Réanalyses activation neutronique

En 1996, 950 échantillons ont été réanalysés par activation neutronique pour As, Br, Cs, Tm, Sb, Se, U, W, Au. Comme il s'agit environ du 2/3 des échantillons, on peut facilement utiliser ces réanalyses dans l'étude.

Réanalyses par spectrométrie d'émission de plasma (PL) (1996)

Cent quarante-sept (147) échantillons ont été réanalysés en 1996 par spectrométrie d'émission de plasma pour 19 éléments (**Figure 7**). Les échantillons se trouvent toutefois éparpillés dans différents secteurs et ne couvrent pas les secteurs minéralisés. En conséquence, ils seront de peu d'utilité dans le cadre de cette étude.

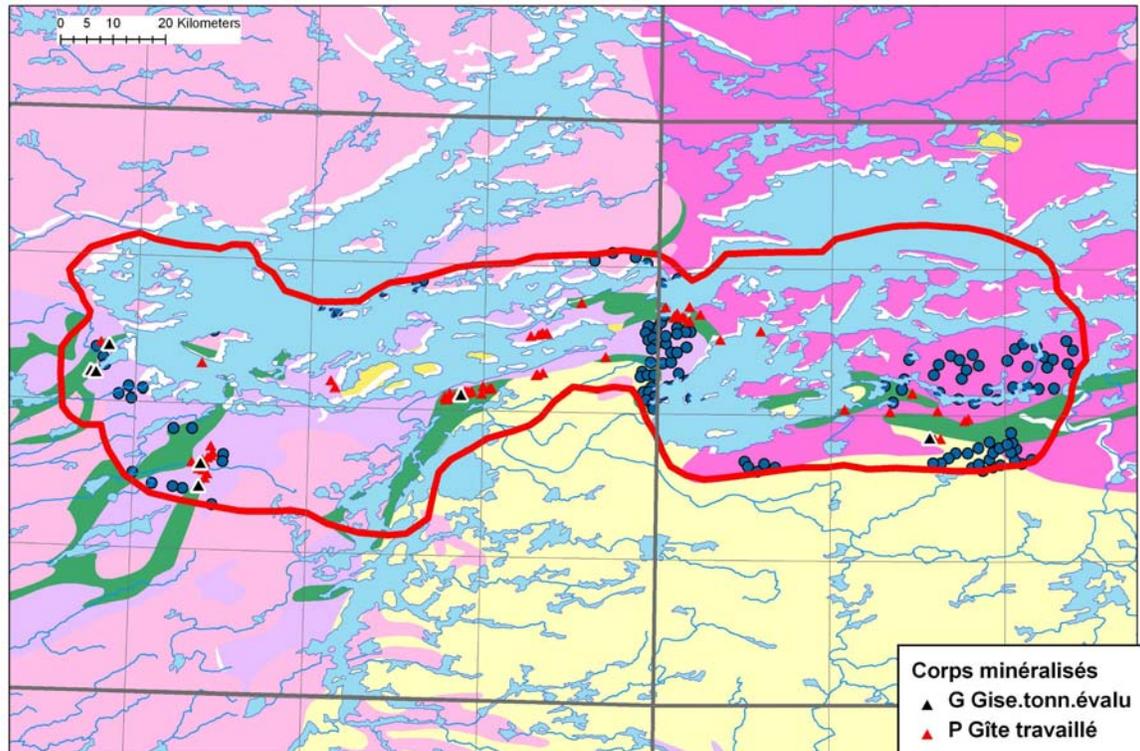


Figure 7. Échantillons de sédiments de lacs réanalysés par plasma (PL) en 1996.

Réanalyses par spectrométrie de masse (ICP) (2003)

Cent quatre-vingt (180) échantillons ont également été réanalysés par spectrométrie de masse pour une quarantaine d'éléments en 2003 (**Figure 8**). Ces réanalyses ont été effectuées au même moment que celles effectuées pour les sédiments de ruisseaux (collaboration Virginia-MRNF). Le nombre d'échantillons est assez faible; toutefois ils sont regroupés autour des secteurs les plus importants en termes de minéralisations. Ils pourront donc être utilisés pour examiner la signature de ces secteurs.

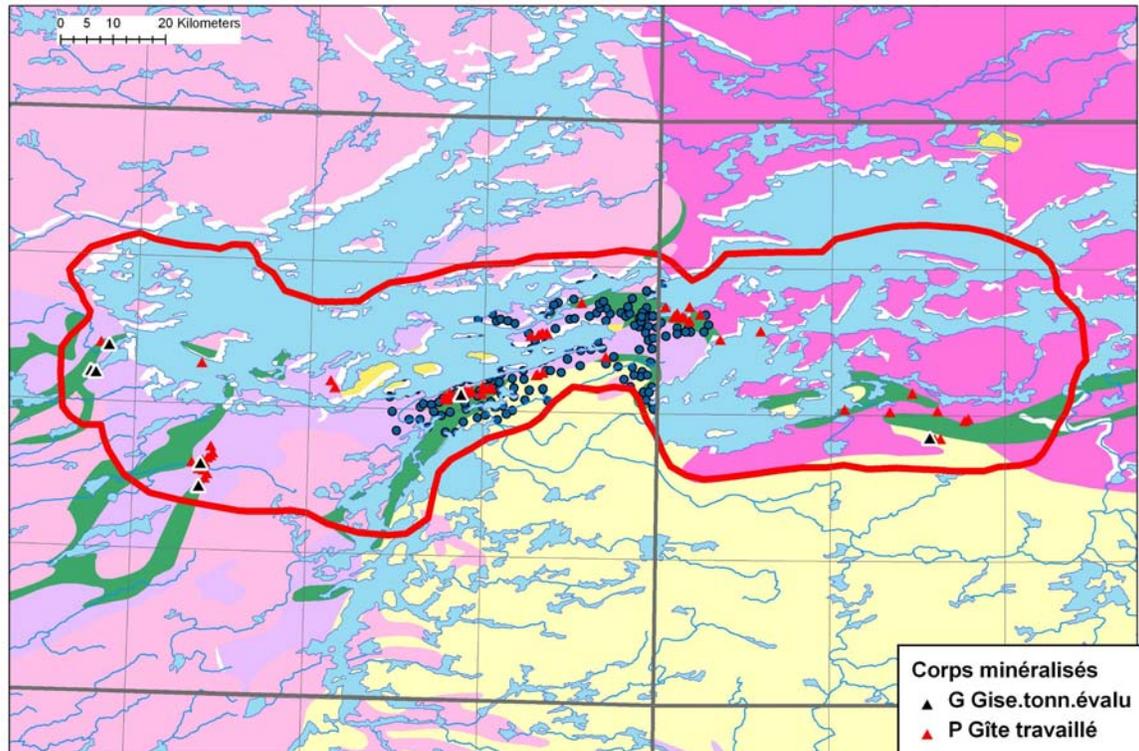


Figure 8. Échantillons de sédiments de lacs réanalysés par torche à plasma (ICP) en 2003.

3 METHODES DE DETERMINATION DES ANOMALIES

Centiles sur les valeurs brutes

Des centiles ont été calculés sur toutes les combinaisons éléments chimiques / méthodes analytiques disponibles. Les anomalies ont été définies de la façon suivante :

- Anomalie très forte : > centile 99,5
- Anomalie forte : entre centile 99 et 99,5
- Anomalie moyenne : entre centile 97 et 99
- Anomalie faible : entre centile 95 et 97

Les études statistiques de la (section 4.2.1) confirment que le 95^e centile est un seuil intéressant pour déterminer les anomalies dans le secteur.

Méthode de la régression spatiale

La technique de la régression spatiale (Fotheringham et al., 2002; Trépanier, 2005 et 2006) permet de rehausser les anomalies géochimiques dans les sédiments. Il s'agit d'utiliser des éléments qui ne sont pas associés aux minéralisations pour prédire, par une régression multiple, la teneur « normale » dans un élément et dans un échantillon donné. La technique demande donc de choisir des éléments non-associés aux minéralisations.

La grande majorité des analyses de sédiments de ruisseaux du secteur ne comportent qu'un nombre limité d'éléments analysés (Cu, Ni, Pb, Mn, Co, Ba, Li, Ag, Mo, Cr, V, Sn et U). L'examen

des relations statistiques entre les minéralisations et les teneurs indique que tous ces éléments sont enrichis à différents degrés à proximité des différents types de minéralisation de la région. Donc, aucun de ces éléments n'est un candidat comme variable explicative pour la régression spatiale. C'est le cas même pour Mn, qui est enrichi à proximité de plusieurs minéralisations de la région.

Les analyses par ICP contiennent plusieurs éléments potentiels pour des régressions. Les variables explicatives ont été transformées avant le traitement par la méthode « log-centrée » (Aitchison, 1984) pour enlever l'effet de fermeture sur les régressions. Les paramètres suivants ont été utilisés :

- Rayon des régressions : 25 km ;
- Variables explicatives : Fe, Mn, K, Sc, Na, Al, Mg, Ti, Cr, La, P, Ca, V, Sr, Th ;
- Régressions pour : Cu, Co, Ni, Ag, Hg, Mo, Ba, Bi, Sb, Zn, U, As, Pb, Cd, Se, B, W, Ti, S.

Centiles sur statistique U

La méthode de la statistique U permet de rehausser les anomalies qui sont présentes en groupes. Le principe est expliqué en détail par Cheng (1999). Cette méthode a été employée dans le cadre d'un projet CONSOREM antérieur portant sur la géochimie des sédiments de lacs (Trépanier, 2006). Elle est mise en œuvre dans le logiciel CONSOREM de traitement de la géochimie de l'environnement secondaire.

Un paramètre critique dans le calcul de la statistique U est le rayon du voisinage. Le rayon du voisinage détermine la taille des groupements d'anomalies qui sont rehaussés. Plus on choisit un voisinage de grande taille, plus les anomalies qui sont formées représenteront des phénomènes de grande taille.

Pour rehausser les anomalies liées à des minéralisations, il faut donc considérer la taille des anomalies. Le rayon devrait être environ de 2x la taille des anomalies qui seront rehaussées. Ici, on considère que des anomalies de 2,5 km sont raisonnables, étant donné les études de cas réalisées plus loin. En conséquence, le voisinage choisi est de 5 km.

4 ASSOCIATIONS STATISTIQUES ENTRE MINERALISATIONS ET RUISSEAUX

Cette section s'attarde à étudier la relation statistique entre les minéralisations et les teneurs dans les sédiments de ruisseaux.

4.1 Méthodologie

4.1.1 Région d'étude et éléments considérés

Pour cette étude statistique, la banque de données a été séparée en 3 :

- Analyses par absorption atomique ;
- Réanalyses par activation neutronique ;
- Réanalyses par ICP.

Les différentes statistiques seront calculées séparément pour ces trois banques.

4.1.2 Catégorisation des minéralisations de la région

L'ensemble des minéralisations de la région ont été considérées, peu importe leur importance relative (indices, gîtes, gisements). Les minéralisations connues ont été subdivisées sur la base des associations métalliques rapportées dans les substances principales des fiches de gîtes (**Figure 9**). Les associations métalliques ont été préférées à une typologie basée sur des modèles génétiques en raison de la méconnaissance relative de plusieurs minéralisations du secteur. Les subdivisions suivantes ont donc été utilisées :

1. Cuivre : cuivre sans zinc ni or (n= 21) ;
2. Cuivre-Zinc : cuivre et zinc (n=7) ;
3. Cuivre-Or : or et cuivre sans zinc (n=26) ;
4. Or : or sans cuivre ni zinc (n=64) ;
5. Nickel-Cuivre : nickel et cuivre (n=3) ;
6. Chrome : chrome (n=6) ;
7. Uranium : uranium (n=6) ;
8. Autre : tous les autres gîtes ne répondant pas aux critères précédents (n=18).

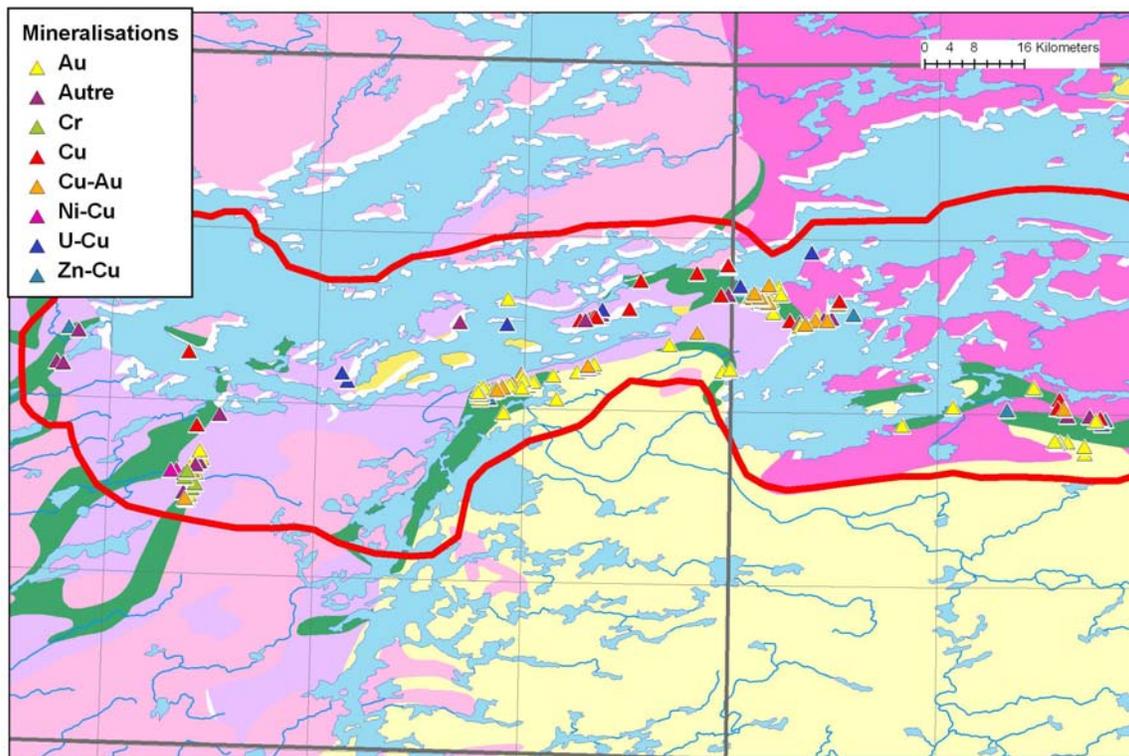


Figure 9. Assemblages métalliques des minéralisations du secteur.

En plus de cette classification, les sédiments de ruisseaux des principaux secteurs minéralisés ont été étudiés (**Figure 10**). Les secteurs sont les suivants :

- La Grande Sud
- Sommets
- Tyrone
- Orfée

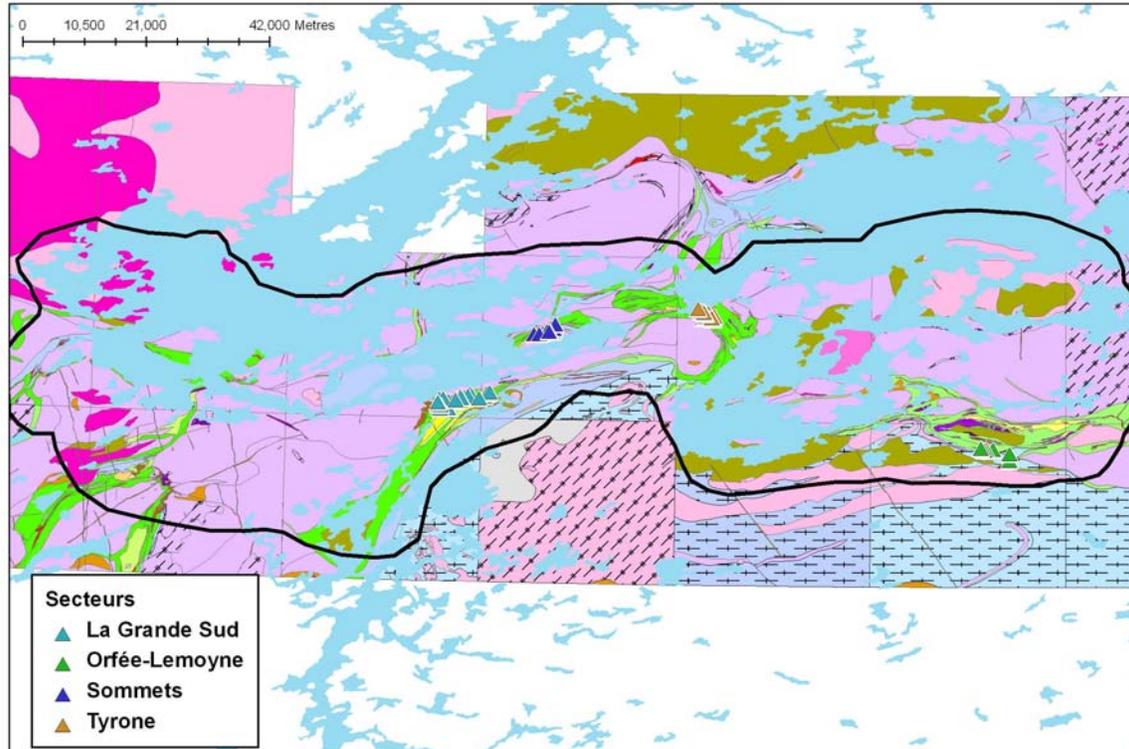


Figure 10. Secteurs de minéralisations pour l'étude statistique.

4.1.3 Probabilités conditionnelles d'association entre teneurs et minéralisations

Pour déterminer l'association entre les teneurs en métaux et les minéralisations, le nombre d'échantillons de sédiments de ruisseaux se situant à moins de 1 km de chaque catégorie de minéralisation a tout d'abord été calculé (4.1.2). Par la suite, pour chaque élément, le nombre d'échantillons se trouvant à l'intérieur d'intervalles choisis de centiles et se trouvant à moins de 1 km de chaque catégorie de minéralisation a également été calculé. Ces intervalles sont les suivants :

- Centile 0 – 40
- Centile 40 – 80
- Centile 80 – 90
- Centile 90 – 95
- Centile 95 – 97,5
- Centile 97,5 – 100

Ces informations permettront de calculer des probabilités conditionnelles d'association entre gîtes et teneurs. La cote sera utilisée ici comme mesure d'association (Bonham-Carter, 1994). Dans le cas présent, la cote, pour un élément donné et pour une catégorie de minéralisation donnée, sera définie de la façon suivante :

Cote (élément, catégorie de mx, intervalle de centile) = Probabilité de trouver une valeur dans cet intervalle de centiles près des gîtes d'une catégorie / Probabilité de trouver une valeur dans cet intervalle de centiles dans les échantillons qui ne sont pas près des gîtes.

La première probabilité se définit par le nombre d'échantillons étant dans l'intervalle de centiles près des gîtes d'une catégorie divisé par le nombre total d'échantillons se trouvant près des gîtes de cette catégorie. La seconde probabilité se définit par le nombre d'échantillons se trouvant

éloignés des gîtes se trouvant dans cette catégorie divisé par le nombre total d'échantillons se trouvant loin des gîtes.

4.2 Résultats

4.2.1 Probabilités conditionnelles d'association entre teneurs et minéralisations

Cette section présente les probabilités conditionnelles d'association entre les différents types de minéralisations de la région et les teneurs en différents éléments dans les ruisseaux. La méthode de calcul est spécifiée à la section 4.1. La cote est utilisée ici comme mesure d'association. Une cote égale à 1 indique une absence d'association. Une cote supérieure à 1 indique une association positive, alors qu'une cote inférieure à 1 en indique une qui est négative. Le **Tableau 2** présente les résultats significatifs pour chaque type de minéralisation.

Les intervalles de confiance à 95 % ont été calculés par une loi binomiale pour les comptes attendus pour les centiles 97,5 - 100 (probabilité de 0,025). Lorsque le nombre d'échantillons dépasse le compte attendu, il est statistiquement significatif.

4.3 Synthèse des études statistiques

4.3.1 Comparaison des méthodes de rehaussement des anomalies

Dans la plupart des cas, la statistique U donne de meilleurs résultats que les valeurs brutes. Les seules exceptions notables sont pour les minéralisations en Cu par absorption atomique, et pour le secteur Sommet par absorption atomique. La prédominance de la statistique U sur les centiles bruts indique qu'avec la densité d'échantillons du secteur, les anomalies associées aux minéralisations se retrouvent en général sur plusieurs échantillons plutôt que sur des échantillons isolés.

La régression spatiale ne donne qu'en un seul cas des cotes qui sont égales ou meilleures aux valeurs brutes ou à la statistique U. Il semble donc que dans le cas des ruisseaux de La Grande la méthode de la régression spatiale est relativement peu efficace. La méthode de la régression spatiale permet en général de rehausser le signal d'anomalies qui seraient masquées par le bruit de fond causé par l'environnement secondaire. Le fait que la régression spatiale soit peu efficace ici indique que les anomalies sont assez claires et que l'effet de l'environnement secondaire est négligeable par rapport aux signaux causés par les anomalies dues aux minéralisations.

4.3.2 Efficacité des sédiments de ruisseaux pour différents assemblages métalliques et secteurs

Certains secteurs ou assemblages montrent de très fortes anomalies en plusieurs éléments alors que d'autres n'en montrent presque pas. Les secteurs Tyrone, Sommets, les gîtes U, Cu-Au et Au montrent en général de bonnes anomalies. Le secteur La Grande Sud en montre assez peu, tout comme les minéralisations Zn-Cu. Pour le secteur La Grande Sud, quelques anomalies ayant des signatures particulières marquent toutefois assez bien la minéralisation (voir section 5).

Tableau 2. Associations statistiques significatives entre minéralisations par catégories et secteurs et différents types d'analyses et de méthodes de détermination des anomalies.

| Assemblage ou secteur | Analyse absorption atomique | Analyses activation neutronique | Analyses ICP |
|-----------------------|---|---------------------------------|---|
| Au | Mn_StU, Co_StU, Cu_StU Zn_StU, Ni_StU, Mo, Ba_StU, V_StU, Mo, Cu, Co, Cr_StU, Ni, Mn, Cr, Zn | W_StU W | W_StU |
| Cu-Au | Mn_StU, Co_StU, Cu_StU, Zn_StU, Ba_StU, Ni_StU V_StU, Cu, Mo, Co, Cr_StU, Mn, Cr, Zn, Ag_StU, Ni | W_StU W Cs_StU, Sb | Ag_RG, Ba_RG |
| Cu | Cu, Cu_StU, Sn, Zn, Mn, Pb, Ni_StU | Tm_StU | Ag_StU, Te_StU, Hg_StU Mo_StU, Cd_StU, S_StU, Sb_StU, U, Pb_StU, U_StU, Ag_RG, Ba_RG, Zn_RG, U_RG, Ba, Zn, Ba_StU |
| Ni-Cu | Ni_StU, Ni | N/A | N/A |
| U | U_StU Cu, Mn, Cu_StU | N/A | U_StU, U, Mn, Mo, Co, Ca |
| Zn-Cu | Aucun | N/A | Aucun |
| La Grande Sud | Aucun | Aucun | Pb_StU, B, Pt, Bi, Sb, Pb, Pt_StU |
| Orfée-Lemoyne | V_StU, Co_StU, Ba_StU | N/A | W_StU, Cr_StU, Ga_StU, Sr_StU, Ag_StU, Ba_StU, V_StU, Co_StU, W, Bi_StU, Fe_StU, TI_StU |
| Sommets | Sn, Cu, Cu_StU, Mo, Sn_StU, U, Zn, Ag, Mn, Ba, Pb | N/A | U_StU, U, Ag_StU, Te_StU, Te_StU, Cd_StU, Hg_StU, S_StU, Sb_StU, Mo_StU, U_RG, Te, Mo, Ba_StU, Ba_RG, Ba, Pb_StU, Ag, Ca, Ag_RG, Zn_RG, Cu, Mn, Co, Cd, Zn, Se, Pb, Se_StU |
| Tyrone | Mn_StU, Co_StU, Cu_StU, Zn_StU, Ba_StU, Ni_StU, V_StU, Mo, Co, Mn, Cu, Cr, Ni, Cr_StU, Zn | W_StU, W, Cs_StU, Sb | N/A |

Les éléments sont listés en ordre de cotes. Le code de couleur suivant indique les valeurs des cotes de l'intervalle de centiles 97,5-100 : Bleu : cote > 20. Vert: cote entre 10 et 20. Rouge: cote < 10. Le suffixe StU indique la cote calculée sur les centiles par statistique U et le suffixe RG indique les centiles calculés sur la régression spatiale. Note : seules les 20 meilleures cotes sont énumérées dans ce tableau.

5 ÉTUDES DE CAS DES PRINCIPAUX GROUPES DE GITES

Cette section présente une synthèse d'observations réalisées sur la dispersion dans les sédiments de lacs et de ruisseaux autour des principaux secteurs minéralisés de la ceinture de La Grande (**Figure 11**).

Pour les sédiments de ruisseaux, tous les éléments disponibles dans chaque secteur ont été étudiés. Dans le cas des sédiments de lacs, seules les analyses par absorption atomique sont considérées dans tous les cas. Dans plusieurs secteurs, la couverture des lacs réanalysés par activation neutronique ou par spectrométrie de masse (ICP) est insuffisante et n'a pas été considérée.

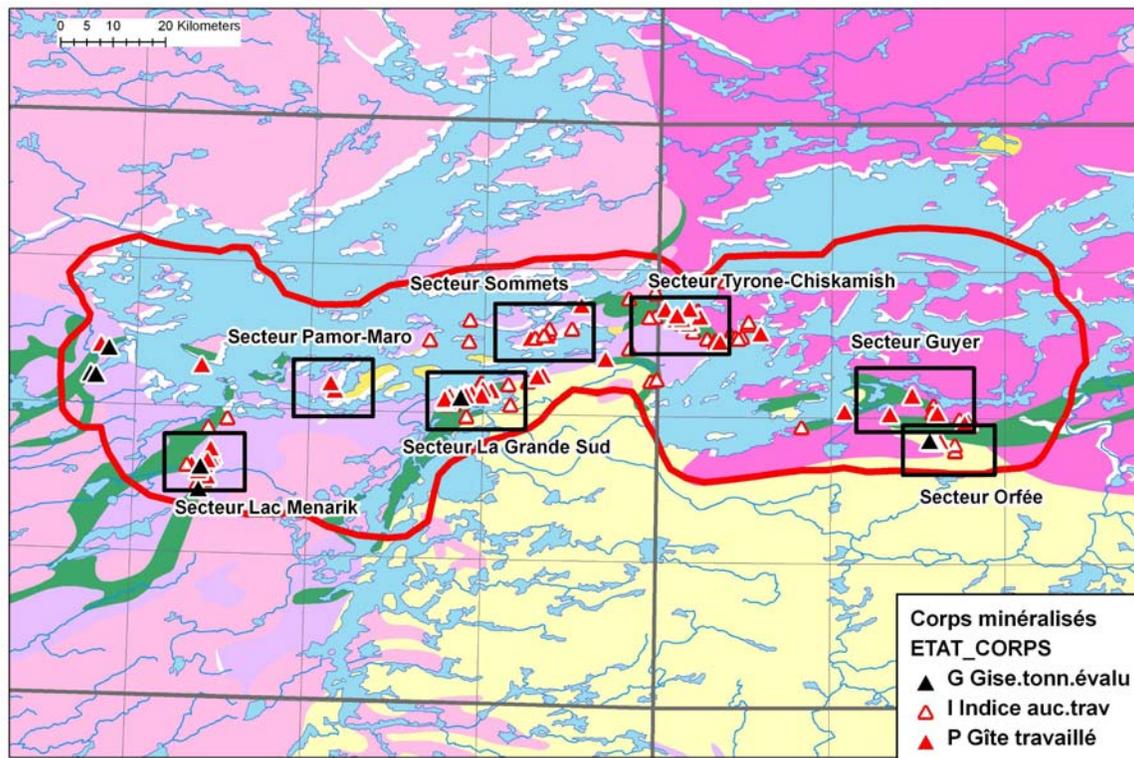


Figure 11. Localisation des différents secteurs faisant l'objet d'étude de cas détaillés.

5.1 Secteur des gîtes Sommet

Ce secteur comprend plusieurs minéralisations polymétalliques à Cu, Ag, Au, As, Sb, Co, Ni, Pd, Pt, Se, Mo, Hg, Pb comprises dans les volcanites du groupe de Yasinski (mafiques à felsiques) (**Figure 12; Figure 13**). On y trouve également un gîte de Cu-U (Gaber). Ces minéralisations sont en général de petite envergure mais très riches. Le gîte Sommet 4, par exemple, comprend des veines d'argent natif spectaculaires et des teneurs qui le sont tout autant (Roger et Boucher, 1997). Onze (11) des douze gîtes sont concentrés dans une mince bande d'environ 3,5 km de long (seront nommés gîtes « Sommet » dans le reste de la discussion). Un seul se trouve plus isolé (gîte Gaber).

À l'indice Sommet 4, la meilleure teneur rapportée par Roger et Boucher (1997) est de 55,24 % Ag, 3,42 % Co, 0,55 % Cu et 0,75 % Ni. Les minéralisations montrent également des anomalies en plusieurs autres éléments. Un échantillon prélevé par Goutier et al. (2000) dans le secteur a

donné des valeurs de 1,08 % Ag, 0,34% Co, 1,59 % Cu, 0,25 % Ni, 0,63 % As, 630 ppm Sb, 227 ppm Hg, 366 ppm Mo et 143 ppm Sn.

À l'indice Cartouche, la minéralisation contient de fortes quantités de métaux précieux avec des teneurs de 32,8 g/t Au, 1,08 % Ag, 12,72 g/t Pt, 8,22 g/t Pd et 0,75 % Cu. Un échantillon prélevé sur le même indice par Goutier et al. (2001a), a également montré des teneurs anormales en plomb, sélénium et mercure (0,93 % Pb, 0,52 % Se, et 0,09 % Hg).

Ces minéralisations seraient d'âge protérozoïque et font partie de la classe « gîtes filoniens dans le socle archéen » de Gauthier, 2000. Ces minéralisations sont essentiellement de type BiCoNiAgU (Gauthier, 2000). Elles sont associées à un système de zones de cisaillement E-O. Elles pourraient représenter une remobilisation de minéralisations volcanogènes archéennes (Goutier et al., 2001a).

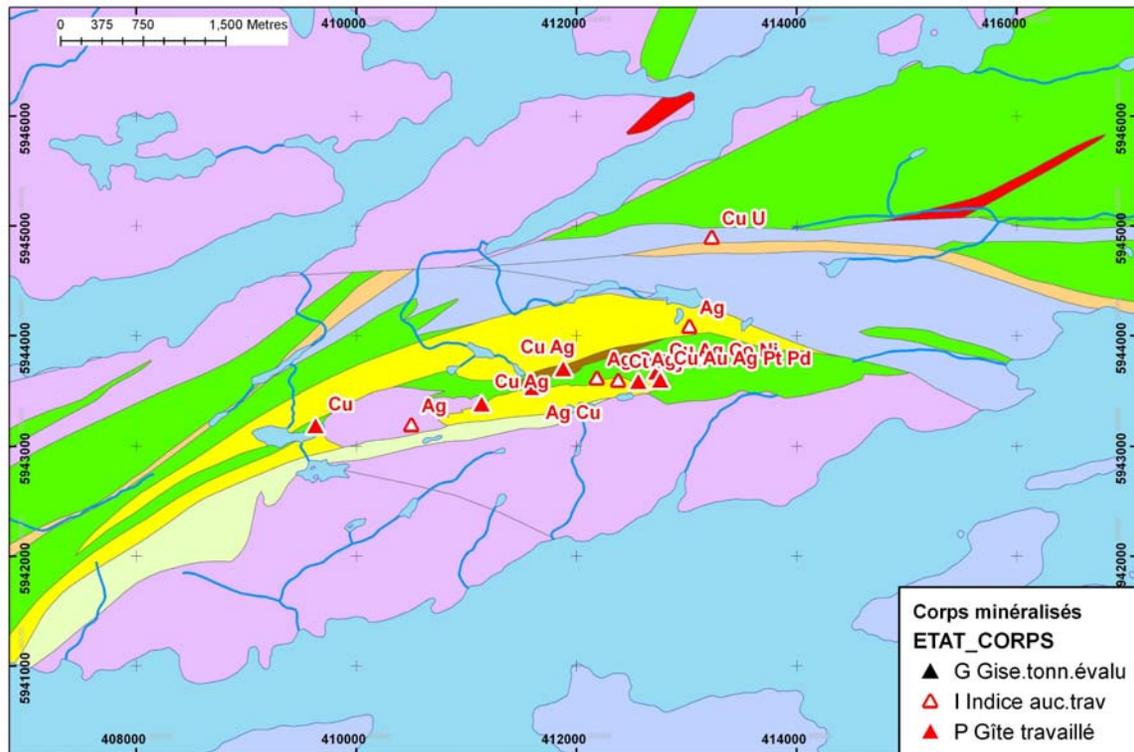


Figure 12. Géologie et minéralisations (substances) du secteur "Sommets".

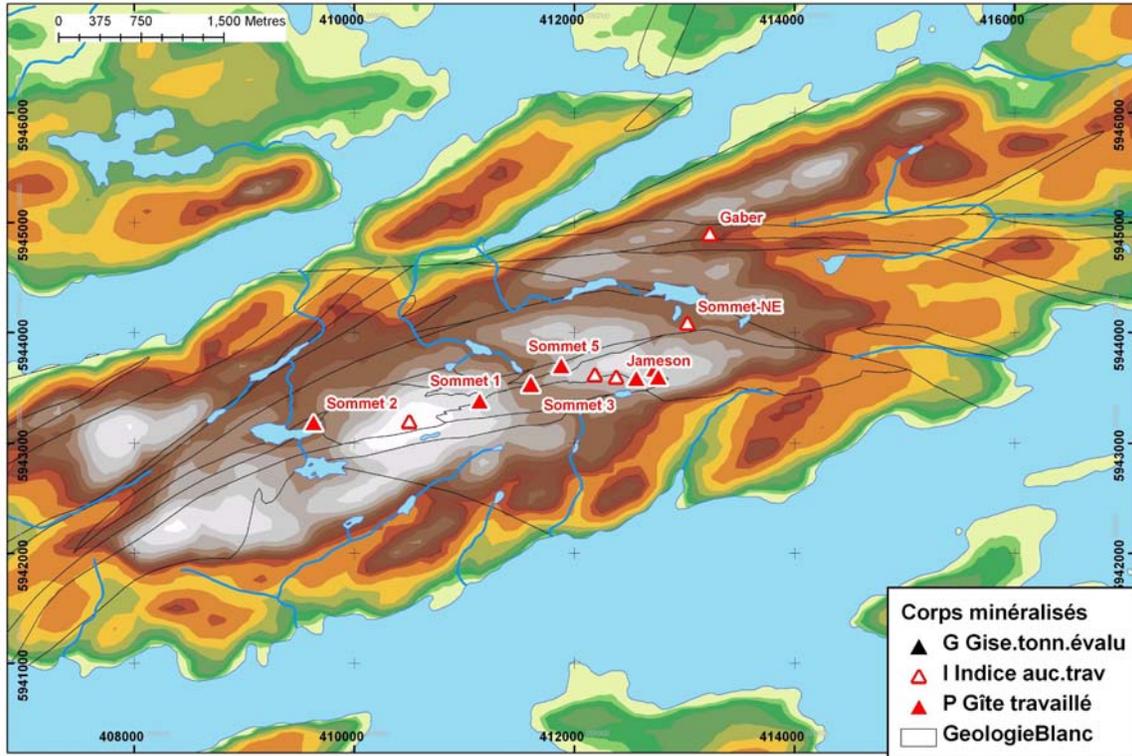


Figure 13. Topographie et minéralisations (noms) du secteur "Sommets".

5.1.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Le secteur a été réanalysé par ICP en plus des valeurs originales d'absorption atomique. La couverture d'échantillons est excellente.

Valeurs brutes

Le cuivre est sans aucun doute le meilleur traceur pour ces minéralisations (**Figure 14**). De très fortes anomalies sont présentes à proximité des minéralisations, et on note une diminution progressive des teneurs en s'éloignant des minéralisations. La distance de dispersion effective est d'environ 1 km vers le sud et de 2 km vers le nord. Il est possible qu'au nord les anomalies consistent en des minéralisations additionnelles inconnues puisque ces anomalies sont dans la poursuite ouest du cisaillement de l'indice Gaber. Le sélénium est l'autre élément qui montre un signal clair autour des gîtes du groupe « Sommets » (**Figure 15**). Les anomalies sont moins fortes que pour le cuivre mais sont systématiques.

D'autres éléments montrent également des anomalies importantes dans les valeurs brutes associées spatialement aux minéralisations connues (Ag, Co, U, Ba, Te, Zn, Ba, Te, Mo; **Figure 16; Figure 17**) mais sont localisées dans des parties plus spécifiques et variables du secteur. Globalement, la signature dans les sédiments de ruisseaux de ces minéralisations est nettement polymétallique, et est caractérisée par un assemblage à $Cu-Se \pm Ag \pm U \pm Co \pm Ba \pm Te \pm Zn \pm Mo$.

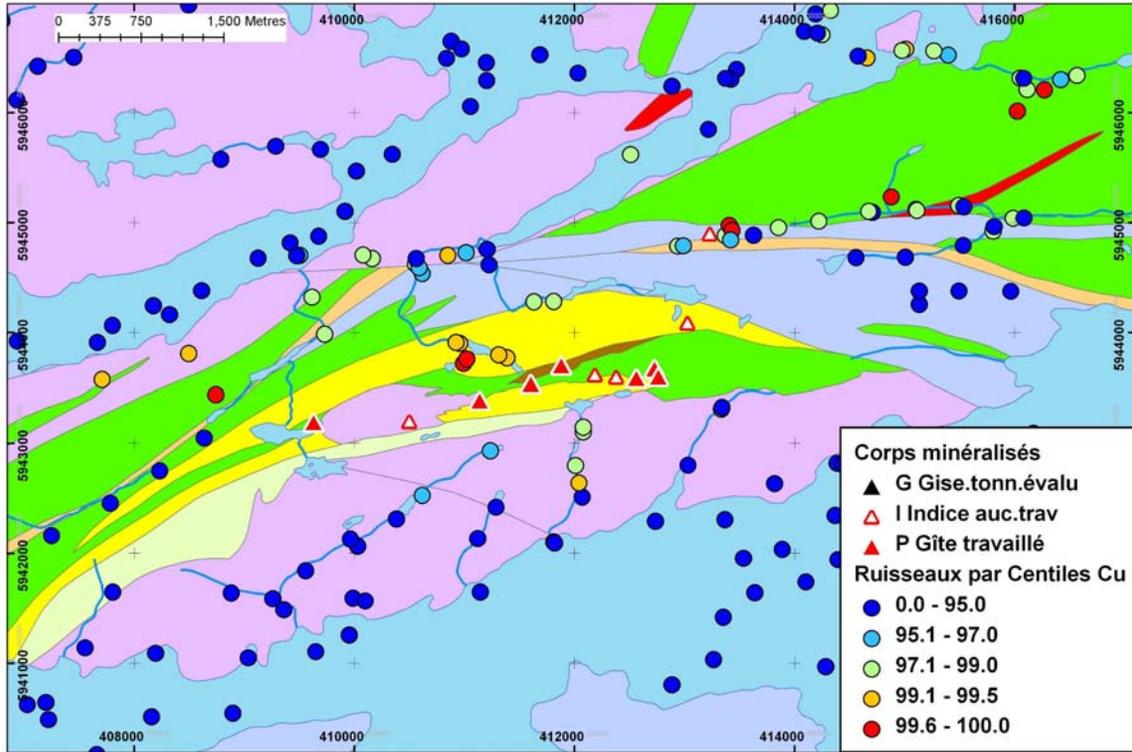


Figure 14. Cuivre dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Sommets".

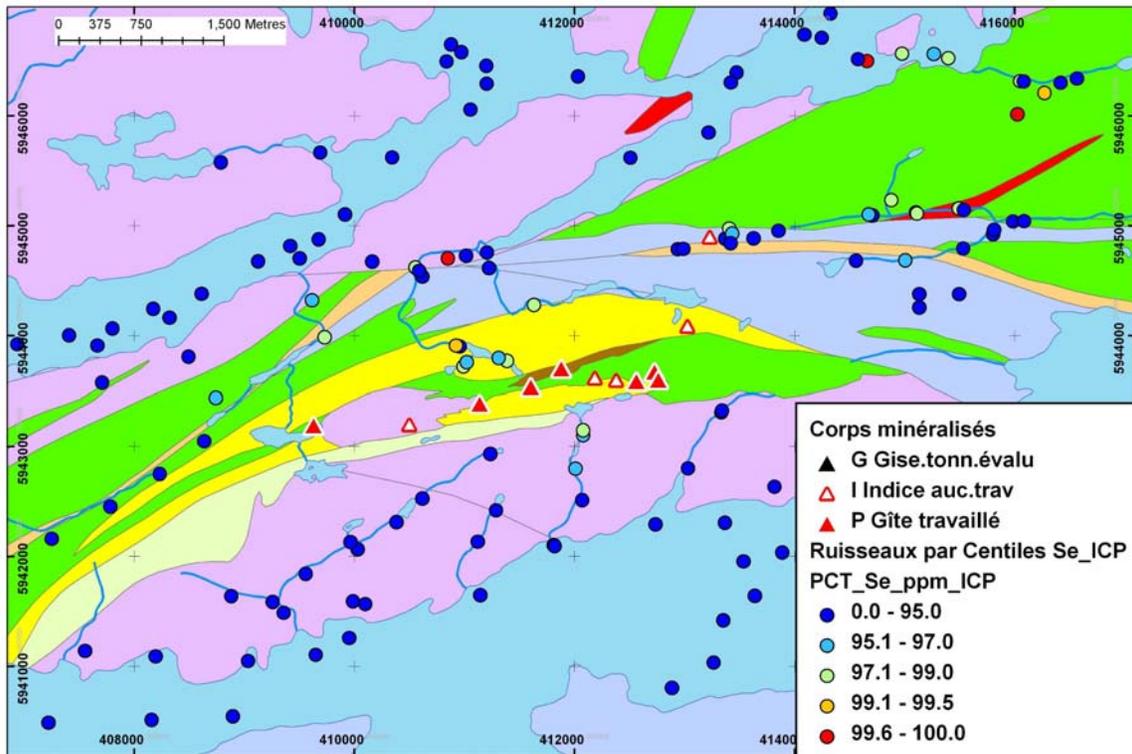


Figure 15. Sélénium dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Sommets".

On peut démontrer que les anomalies en métaux ne sont pas dues à la ceinture de roches volcaniques elle-même. En effet, on constate que les valeurs en métaux (ex : Cu; **Figure 14**) dans la partie ouest du secteur sont faibles, même si ce secteur se trouve à l'intérieur de la ceinture de roches vertes.

Régression spatiale

Les valeurs résiduelles en cuivre montrent également de très fortes anomalies à proximité des gîtes. Toutefois, ces anomalies sont plus localisées que dans le cas des valeurs brutes (dispersion moins étendue) (**Figure 16**). Les anomalies en zinc par régression sont localisées plus près des gîtes que dans les valeurs brutes et un peu moins fortes (ces gîtes contiennent en fait assez peu de zinc). Les anomalies en cobalt rapportées précédemment sont encore présentes bien que diminuées par la régression spatiale.

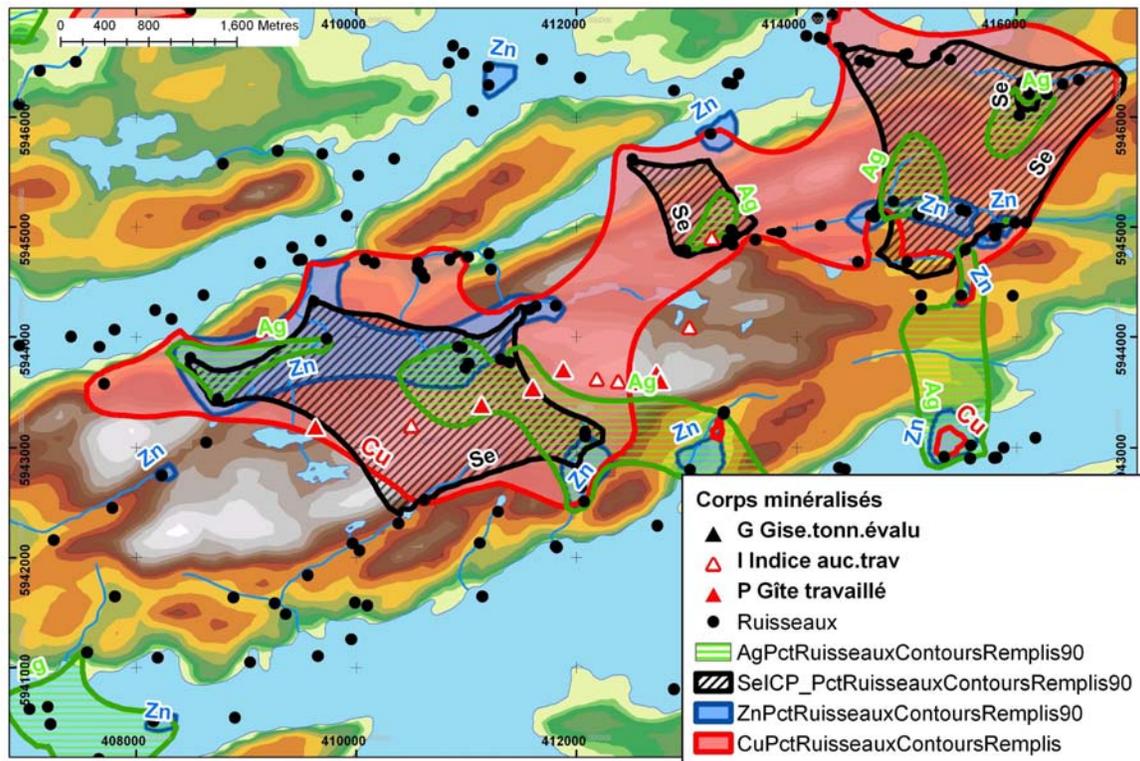


Figure 16. Contours des anomalies en cuivre, zinc, sélénium et argent, secteur Sommet. Les contours correspondent au 90^e centile d'une interpolation par voisins naturels.

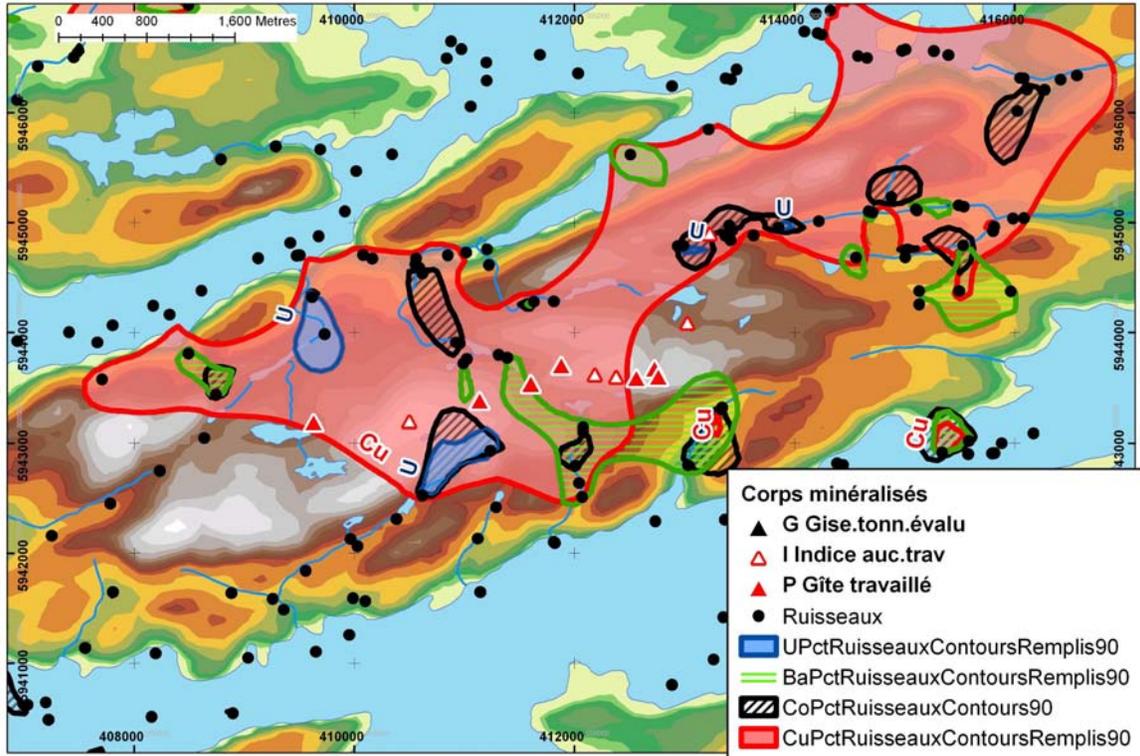


Figure 17. Contours des anomalies en cuivre, barium, cobalt et uranium. Les contours correspondent au 90^e centile d'une interpolation par voisins naturels.

Cibles d'exploration dans le secteur

L'examen des anomalies du secteur permet de mettre à jour deux secteurs potentiels pour l'exploration.

Le premier se trouve au nord-est du secteur (**Figure 18**). Il est caractérisé par un groupe de 3 anomalies polymétalliques dont une qui est extrêmement forte en plusieurs éléments. La signature de ces anomalies est Cu-Co-Ag-Ni-Pt-Pd-Se±Hg. La teneur en cuivre d'un des échantillons est la plus forte de tout le levé de La Grande (4 700 ppm Cu). Ce même échantillon a également la troisième teneur en Co la plus élevée. Un lac localisé à 1 km à l'est est anomalique en Cu-Mo-Se-U. Ces sites sont également anomaliques par régression spatiale (Cu-Co-Ni).

Le second est constitué de trois échantillons de la partie ouest du secteur (**Figure 18**). Ils sont caractérisés par un assemblage Zn-Cu-Ni±Te±Ag. Ces échantillons ne drainent pas directement les minéralisations du secteur. La présence de nickel distingue ces anomalies de celles causées par les minéralisations connues et ce qui exclue probablement qu'elles soient dues au transport glaciaire de matériel provenant des minéralisations connues. Elles se trouvent directement à l'ouest des indices Sommets. Il est possible qu'il s'agisse de la poursuite vers l'ouest du système minéralisé E-O.

Ces anomalies sont très évidentes (en particulier au niveau des teneurs en métaux de base) et il est certain qu'elles ont déjà fait l'objet d'une prospection assez détaillée. Toutefois, elles demeurent tout de même inexplicées. Ceci pourrait indiquer que leur source se trouve enfouie sous des dépôts glaciaires et qu'elles aient été formées par dispersion hydromorphique des métaux à partir des eaux souterraines.

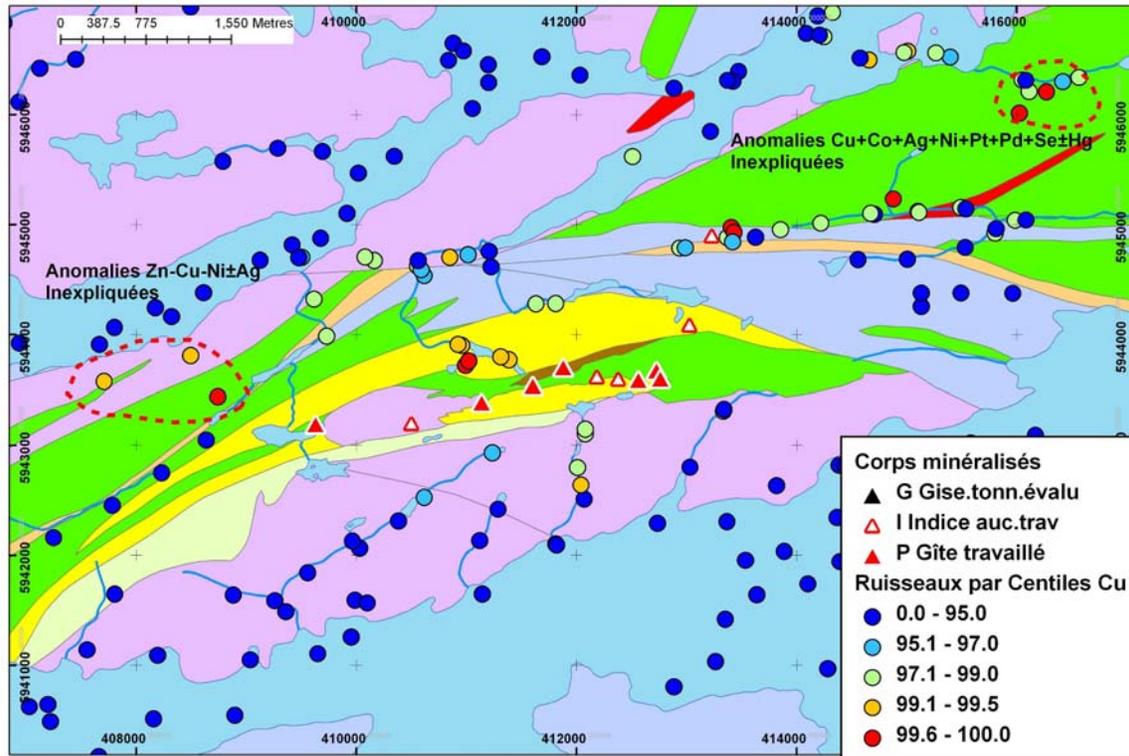


Figure 18. Anomalies inexpliquées dans les sédiments de ruisseaux, secteur Sommet.

5.1.2 Signature dans les sédiments de lacs

Les réanalyses par activation neutronique ne couvrent pas les échantillons les plus proches des gîtes. Les valeurs d'activation neutronique dans les lacs ne seront donc pas considérées ici.

Le cuivre montre la signature la plus claire dans les sédiments de lacs, tout comme c'était le cas pour les ruisseaux. Les quatre lacs les plus proches des gîtes du groupe « Sommet » sont très fortement à modérément anomaux en cuivre (**Figure 19**). La dispersion est évaluée à environ 1,5 km pour cet élément. Des anomalies en zinc sont également observées dans les lacs les plus proches des gîtes, mais sont de moins grande envergure. Les deux mêmes échantillons sont également anomaux en arsenic et molybdène (**Figure 20**). Un des deux est une anomalie en cobalt. La signature dans les lacs est donc $Cu \pm Zn \pm As \pm Mo \pm Co$.

Un des lacs anomaux en cuivre est analysé par ICP. Il ne montre toutefois pas d'anomalies en d'autres éléments.

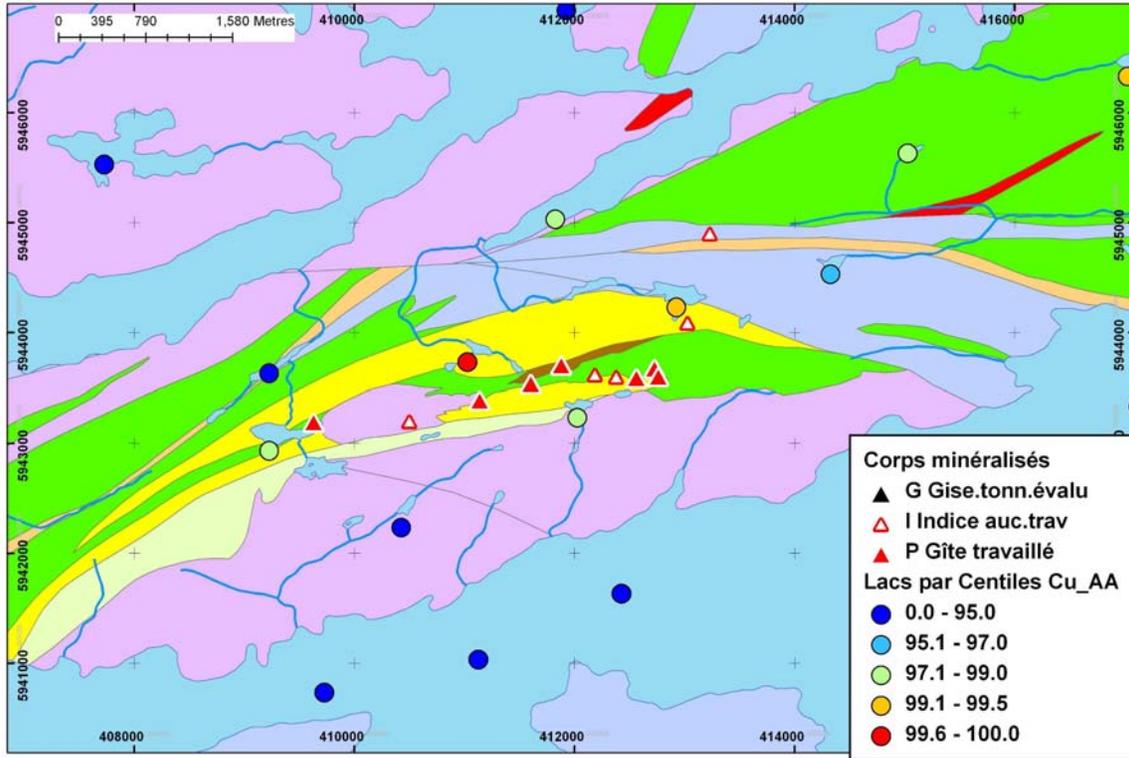


Figure 19. Cuivre dans les sédiments de lacs, secteur "Sommets".

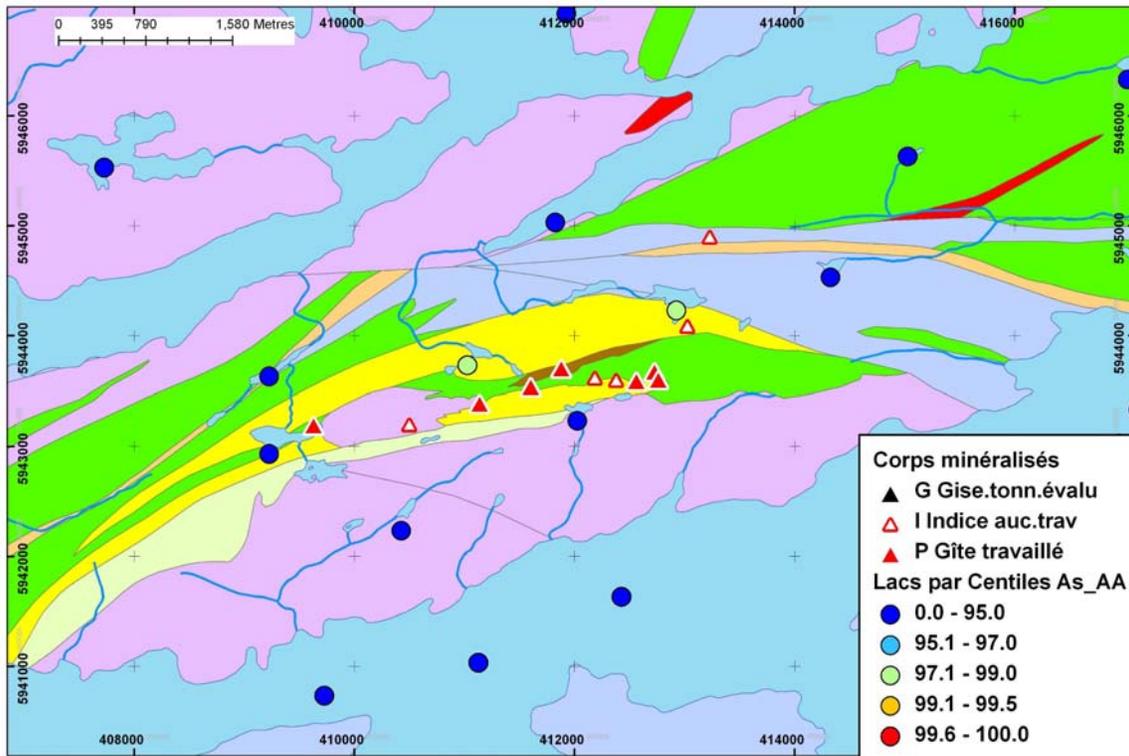


Figure 20. Arsenic dans les sédiments de lacs, secteur "Sommets".

5.1.3 Comparaison lacs-ruisseaux

Le cuivre est l'élément le plus efficace à la fois pour les lacs et les ruisseaux. L'ampleur et la distance de dispersion sont comparables dans les lacs et ruisseaux. Dans les lacs, des anomalies modérées en arsenic sont évidentes mais pas dans les ruisseaux. Les anomalies en zinc dans les ruisseaux sont plus fortes dans les ruisseaux que dans les lacs, mais coïncident spatialement. Finalement, aucune anomalie en uranium n'est présente dans les lacs mais les secteurs anormaux en uranium dans les ruisseaux ne sont pas couverts par des échantillons de lacs.

Dans ce cas, il semble que les lacs donnent une réponse tout aussi efficace que les ruisseaux. Bien entendu, la plus grande densité d'échantillons de ruisseaux permet d'obtenir beaucoup plus de détails sur la dispersion.

5.2 Secteur des gîtes Tyrone et formation de fer Chiskamish

Ce secteur est caractérisé par un chapelet de 13 gîtes Cu-Au et Au localisés le long d'une crête orientée NO-SE (**Figure 21**; **Figure 22**), sur une distance de 3 km. Ces gîtes sont localisés dans des volcanites mafiques du groupe de Yasinski. Ce chapelet de gîtes sera nommé gîtes « Tyrone » dans le reste de la discussion, du nom de 6 des gîtes du groupe. Trois gîtes d'or et de cuivre dans une formation de fer sont situés immédiatement à l'ouest des gîtes « Tyrone », près du lac Chiskamish. Deux gîtes d'or-cuivre (BBQ-Sud et BBQ-Nord) sont localisés sur une île du réservoir LG-3 dans la partie nord du secteur. Deux gîtes d'or se trouvent également dans la partie est de la région. Finalement, un gîte d'or dans des volcanites mafiques se trouve isolé au sud du secteur.

Plusieurs de ces indices sont interprétés comme étant volcanogènes. Toutefois, ces indices et d'autres minéralisations du secteur sont recoupés par d'autres types de minéralisations qui sont postérieurs : veines de quartz centimétriques à Cu-Ag±Au±Mo; veines boudinées de quartz-tourmaline-ankérite-pyrite; veines polymétalliques à quartz-calcite-hématite minéralisées en Cu-Ag recoupant la schistosité (vraisemblablement protérozoïques); Goutier et al, 2001b.

L'emphase sera mise principalement sur les gîtes du groupe « Tyrone », Chiskamish et « BBQ ».

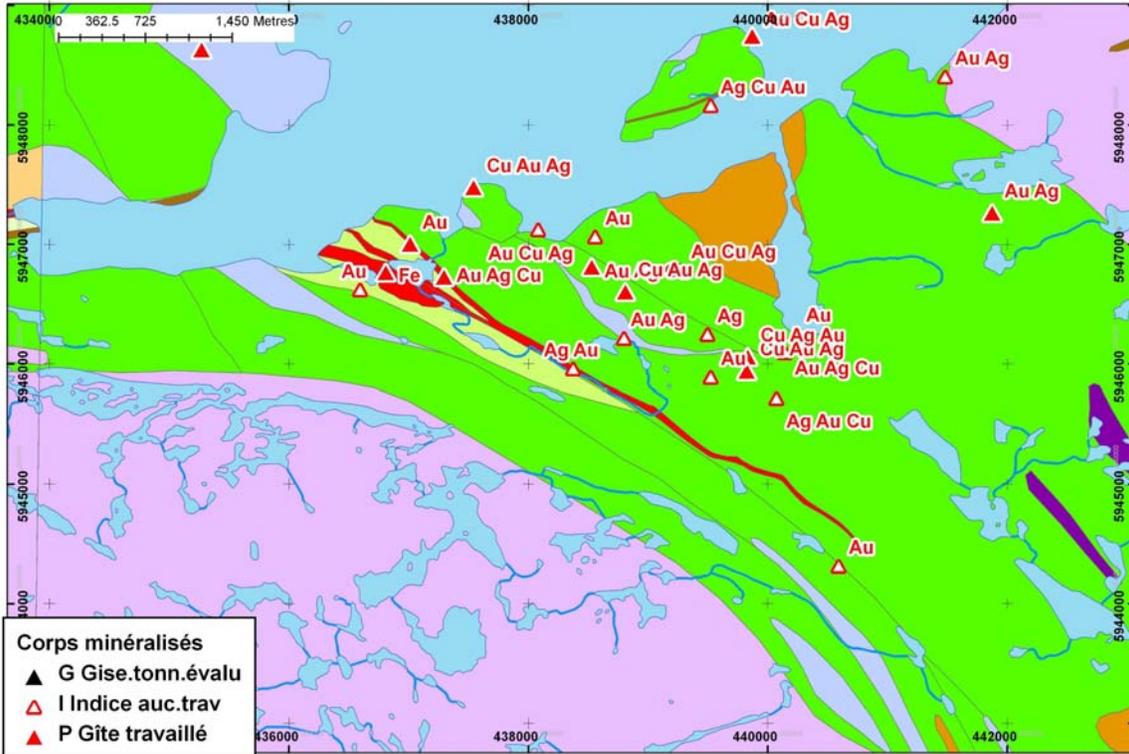


Figure 21. Géologie et minéralisations (substances), secteur "Tyrone 1-6".

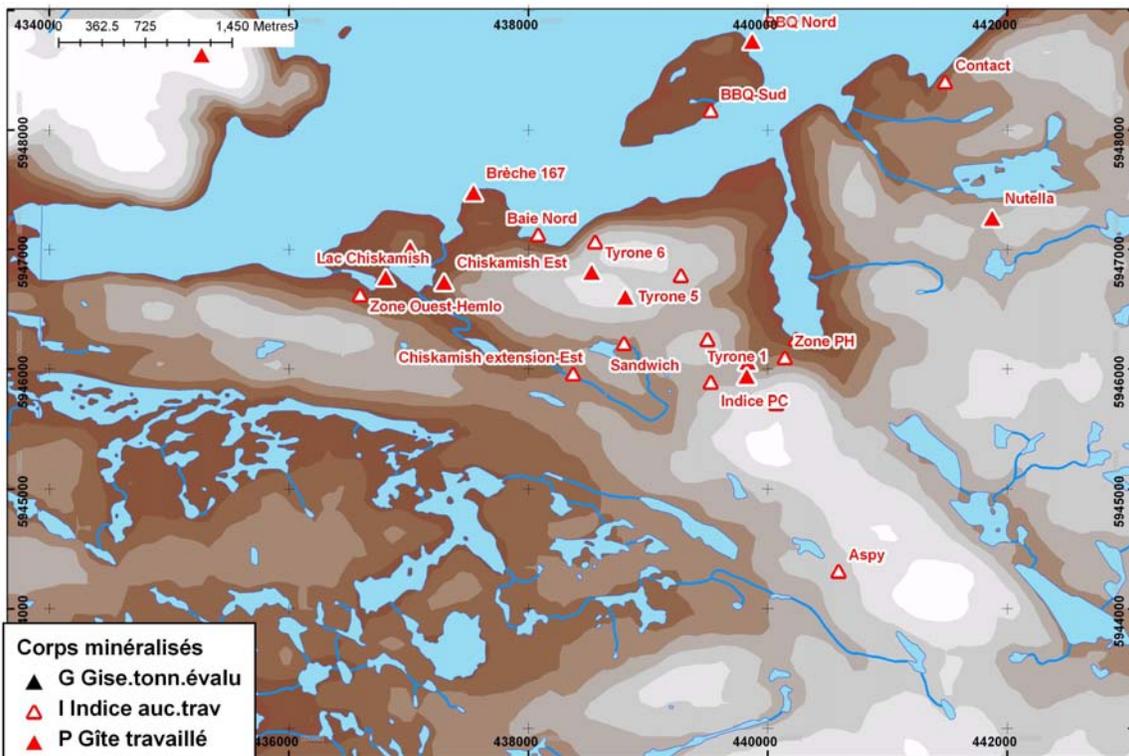


Figure 22. Topographie et minéralisations (noms), secteur « Tyrone 1-6 ».

5.2.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Groupe de gîtes « Tyrone », valeurs brutes

La signature chimique proximale de ces gîtes dans les sédiments de ruisseaux est principalement Mo+Cu±Co (**Figure 23**; **Figure 24**; **Figure 25**). Les anomalies en molybdène sont celles qui sont les plus fortes. Ceci semble surprenant, car un seul des gîtes rapporte le molybdène comme substance secondaire. Cette signature à Mo+Cu évoque une influence porphyrique.

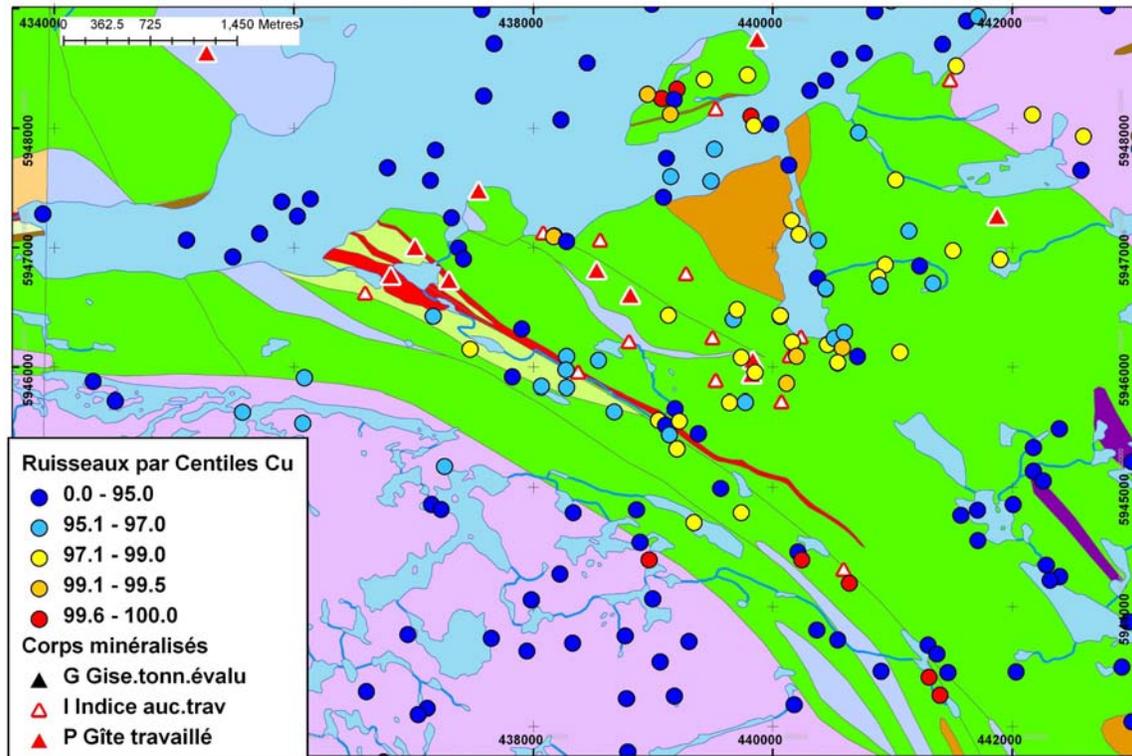


Figure 23. Cuivre dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Tyrone 1-6".

Lorsque l'on regarde ces anomalies de façon un peu plus régionale, on constate en fait qu'elles ne suivent pas le groupe de Yasinski (**Figure 26**; **Figure 27**). Les anomalies Cu-Mo-Co sont orientées NE-SO et s'étendent clairement vers le nord-est et vers le sud-ouest à l'intérieur des tonalites (intrusions de Duncan). La dispersion glaciaire vers l'ouest-sud-ouest pourrait expliquer la présence des anomalies s'étendant dans cette direction, mais pas celles qui s'étendent vers le nord-est. La dispersion hydromorphique ne peut pas non plus les expliquer, étant donné les patrons de drainage locaux qui y sont observés.

L'explication la plus probable est que l'essentiel du budget métal du secteur est contrôlé par des structures d'orientation ENE-OSO. Ces structures sont sécantes au grain lithologique principal. Cette orientation est similaire à celles des structures protérozoïques minéralisées en Cu-Co-Zn-U sur lesquelles se trouvent de nombreux gîtes de cuivre de la région (ex : secteur Sommets).

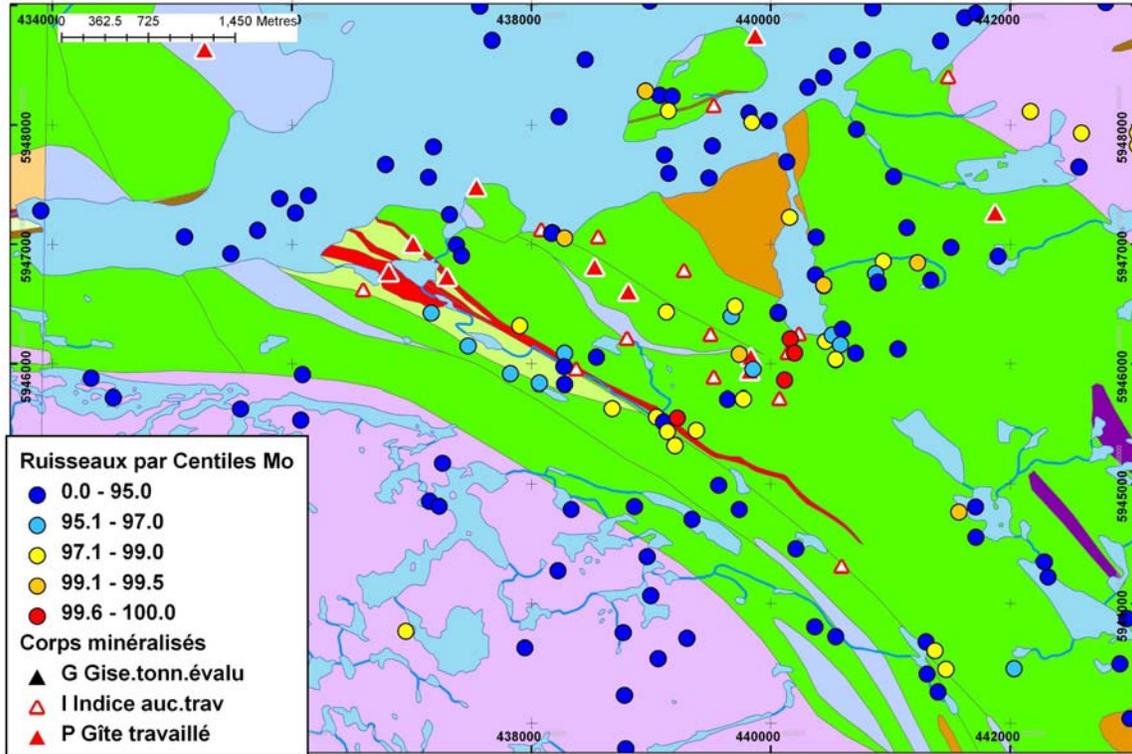


Figure 24. Molybdène dans les sédiments de ruisseaux, secteur "Tyrone 1-6".

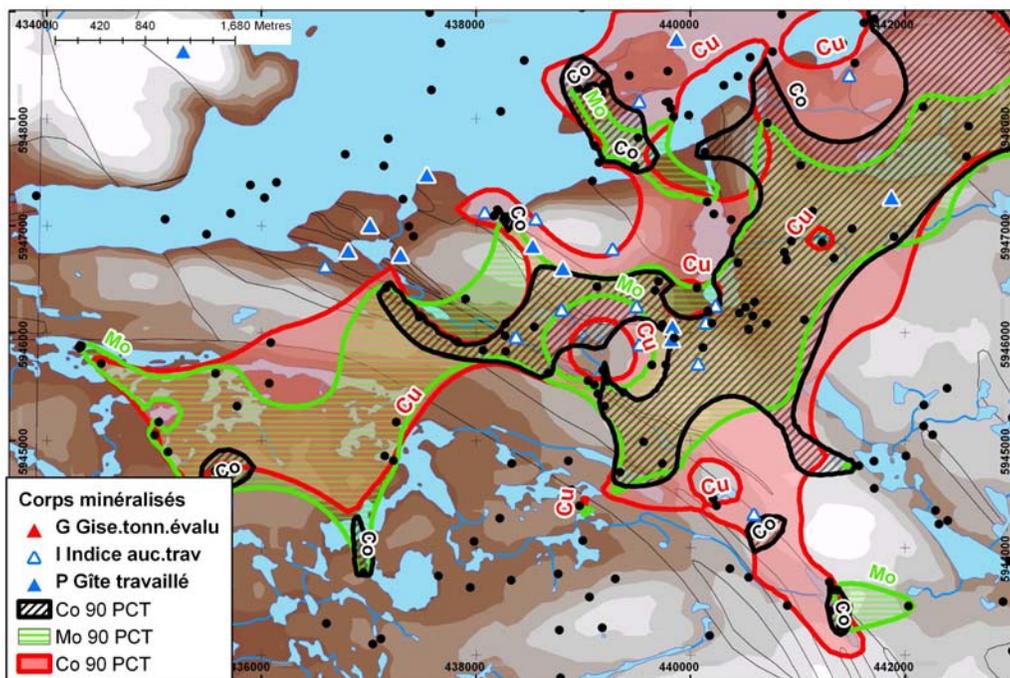


Figure 25. Contours des anomalies en cuivre, molybdène et cobalt, secteur Tyrone. Les contours correspondent au 90e centile d'une interpolation par voisins naturels.

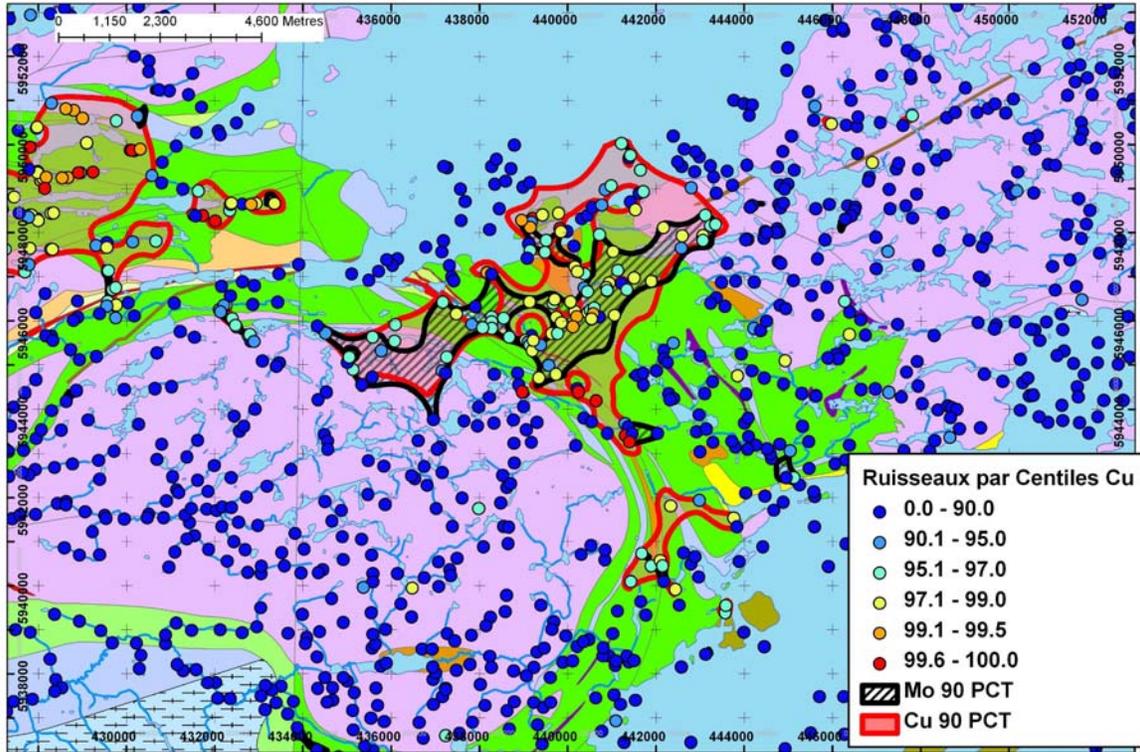


Figure 26. Vue régionale des anomalies en cuivre dans les ruisseaux interpolées par voisins naturels, secteur Tyrone.

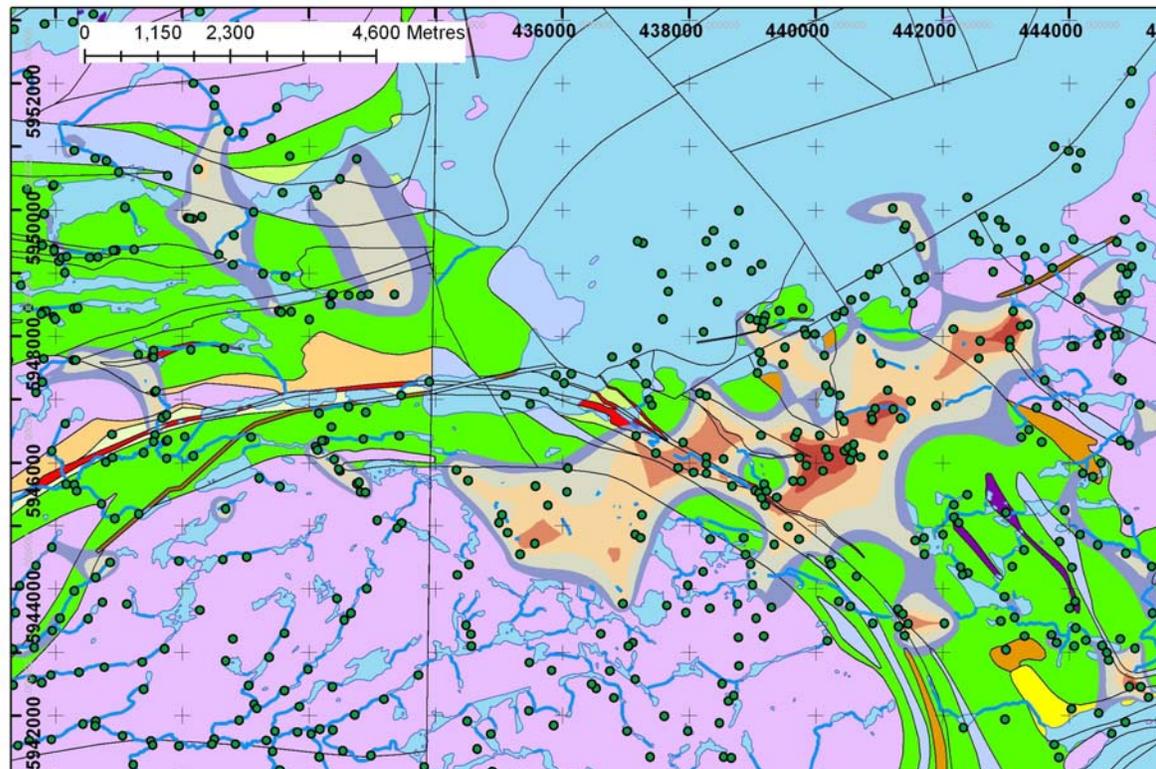


Figure 27. Vue régionale des anomalies en molybdène dans les ruisseaux interpolées par voisins naturels, secteur Tyrone.

Différentes anomalies en $\pm\text{Zn}\pm\text{Ni}\pm\text{Cr}\pm\text{Co}$ sont présentes à l'est et au nord de ces gîtes. Il est difficile de relier directement ces anomalies aux gîtes, étant donné l'absence de Ni-Cr des gîtes.

Les distances de dispersion sont difficiles à évaluer en raison de l'abondance de la présence de minéralisations additionnelles au nord et à l'est de ces gîtes également (gîtes « BBQ » et gîtes « Contact » et « Nutella »). Toutefois, l'empreinte métallique de ce groupement de gîtes dans les sédiments de ruisseaux ne fait pas de doute et le signal est relativement clair.

Groupe de gîtes « Tyrone », régression spatiale

La distribution des anomalies en Cu-Co-Mo visible sur les valeurs brutes n'apparaît pas sur les résiduelles. Les anomalies en cuivre sur les résiduelles sont atténuées et suivent un axe N-S qui relie les gîtes les plus au sud avec les gîtes « BBQ ». Les anomalies en cobalt sont également atténuées et plus localisées.

Gîtes « BBQ »

Deux anomalies en $\text{Cu}\pm\text{Co}\pm\text{Mo}$ se trouvent en aval de ces gîtes. Il s'agit probablement de la signature due à ces minéralisations. Des anomalies très fortes et polymétalliques Cu-Co- $\pm\text{Ni}\pm\text{Zn}\pm\text{Cr}$ se trouvent directement à l'ouest et au sud de ces gîtes. Ces anomalies ne sont pas en aval de ces gîtes et ne peuvent être expliquées par eux. L'assemblage métallique des anomalies n'est pas non plus compatible avec ces minéralisations.

Gîtes du lac Chiskamish

Les trois échantillons en aval de ces gîtes Au-As- $\pm\text{Cu}$ dans une formation de fer ne montrent pas d'anomalies. Toutefois, ces échantillons n'ont pas été réanalysés par activation neutronique (pas Au-As analysés donc).

Cibles d'exploration dans le secteur

Certains secteurs d'intérêt pour l'exploration se sont révélés suite à l'examen des données de ruisseaux du secteur (**Figure 28**). Trois de ces groupes se trouvent dans la partie sud. Il s'agit d'anomalies polymétalliques à métaux de base. La cible la plus au sud (Cu-Co) contient deux des quatre plus hautes valeurs en cuivre et les deux plus fortes valeurs en cobalt de tout le levé. Un indice est présent près d'un de ces groupes (indice Aspy) mais il s'agit d'un indice Au-As alors que l'anomalie est Cu-Ni.

Un quatrième indice, sur une île du réservoir LG-3, à l'ouest des gîtes « BBQ », comprend également plusieurs anomalies polymétalliques. Ces anomalies ne peuvent être expliquées par les gîtes présents puisque ceux-ci sont en aval de la minéralisation.

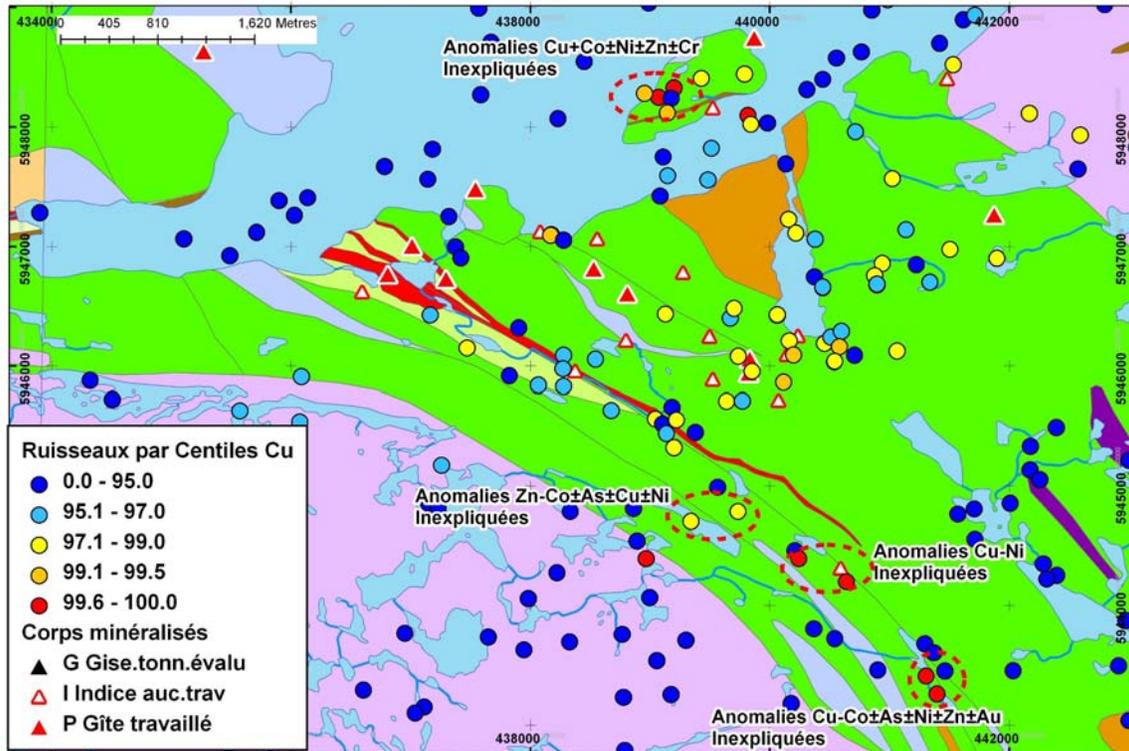


Figure 28. Anomalies inexpliquées dans les sédiments de ruisseaux, secteur Tyrone 1-6.

5.2.2 Signature dans les sédiments de lacs

Groupe de gîtes « Tyrone »

Les deux échantillons les plus près de cette série de gîtes montrent des signatures à Zn-Cu-Mo et Cu-Mo-Ni-Co (**Figure 29**; **Figure 30**). Ces lacs n'ont pas été réanalysés par ICP.

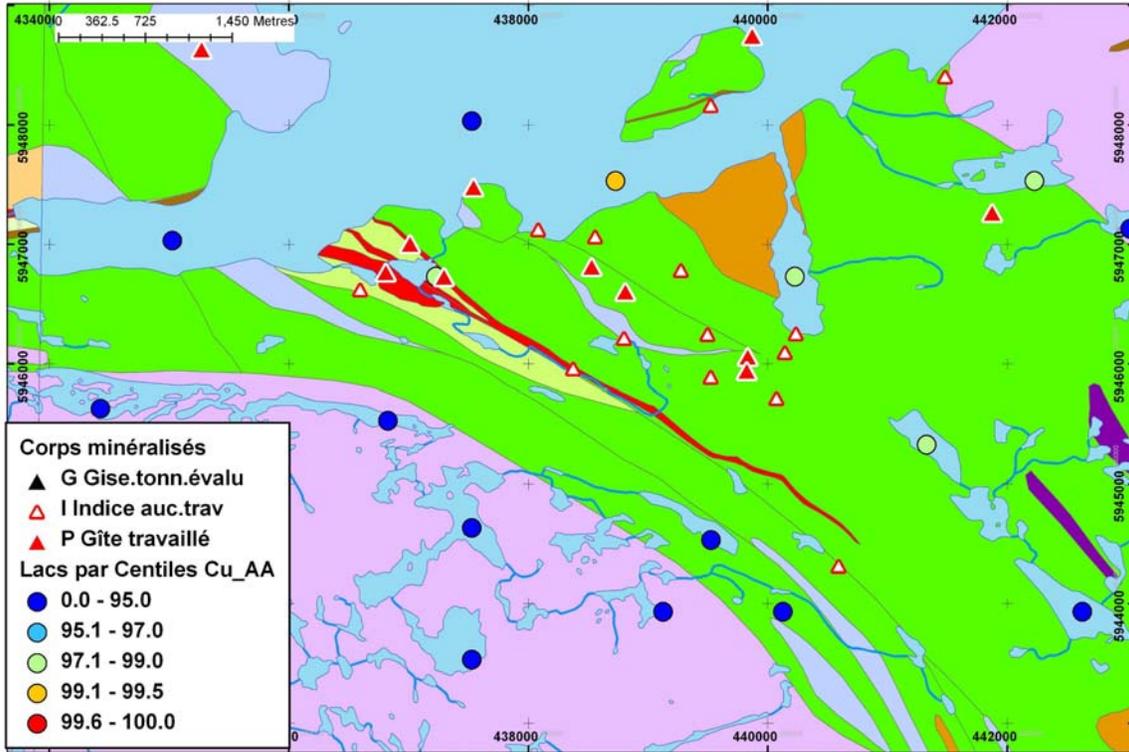


Figure 29. Cuivre dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6".

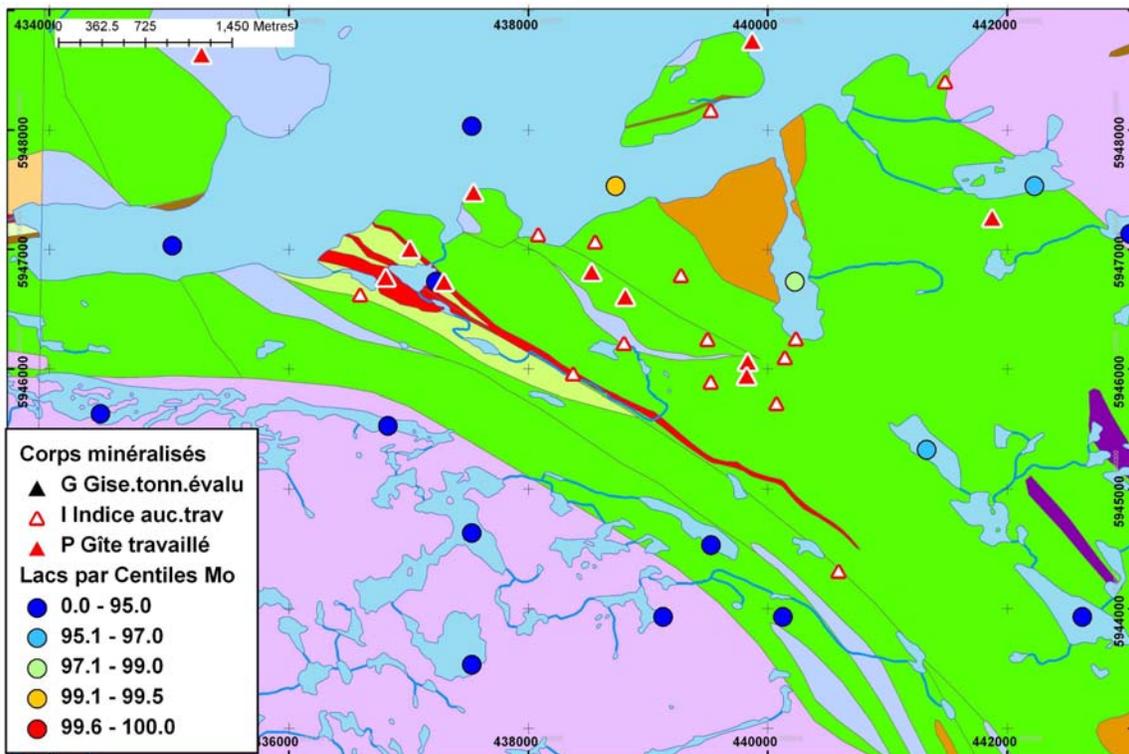


Figure 30. Molybdène dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6".

Gîtes « BBQ »

Aucun échantillon de lac ne se trouve en aval de ces gîtes.

Gîtes du lac Chiskamish

Le lac Chiskamish lui-même a été analysé. Sa signature est As+Zn+Co±Cu. La minéralisation aurifère est donc efficacement détectée (**Figure 31**). Il n'a cependant pas été réanalysé par ICP.

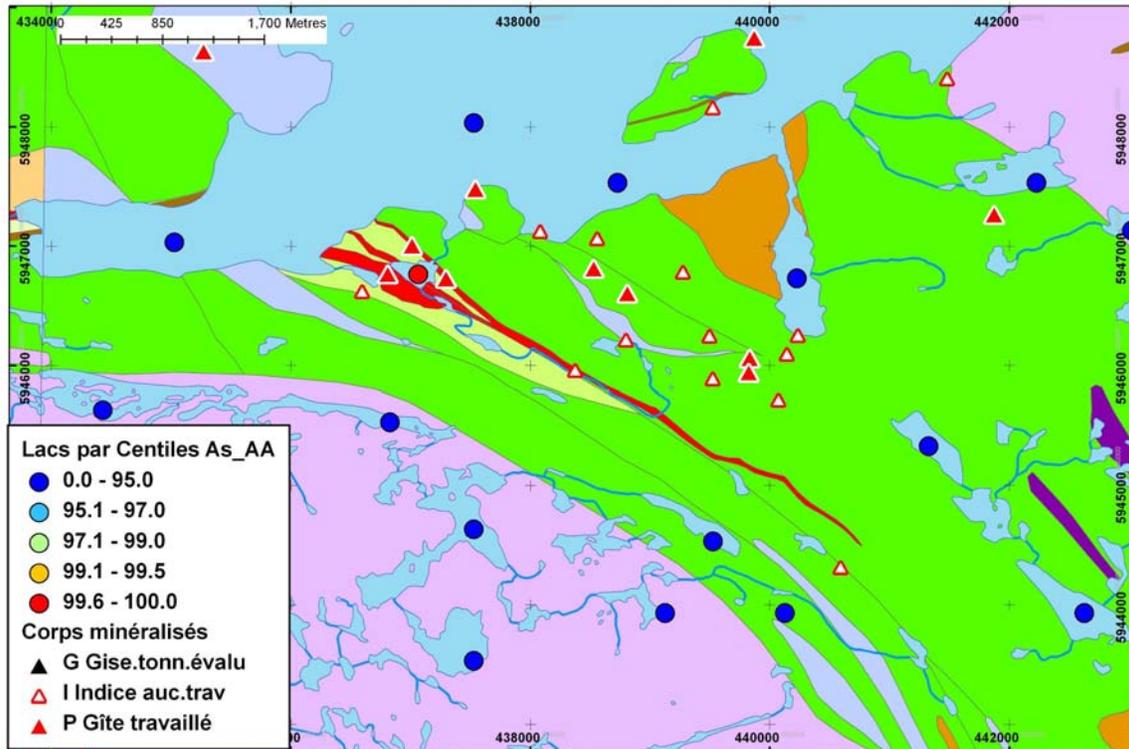


Figure 31. Arsenic dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6".

5.3 Secteur des gîtes Orfée

Ces gîtes d'or se trouvent dans une formation de fer du groupe de Guyer (**Figure 32; Figure 33**). Des indices sont également observés dans des amphibolites plus à l'est.

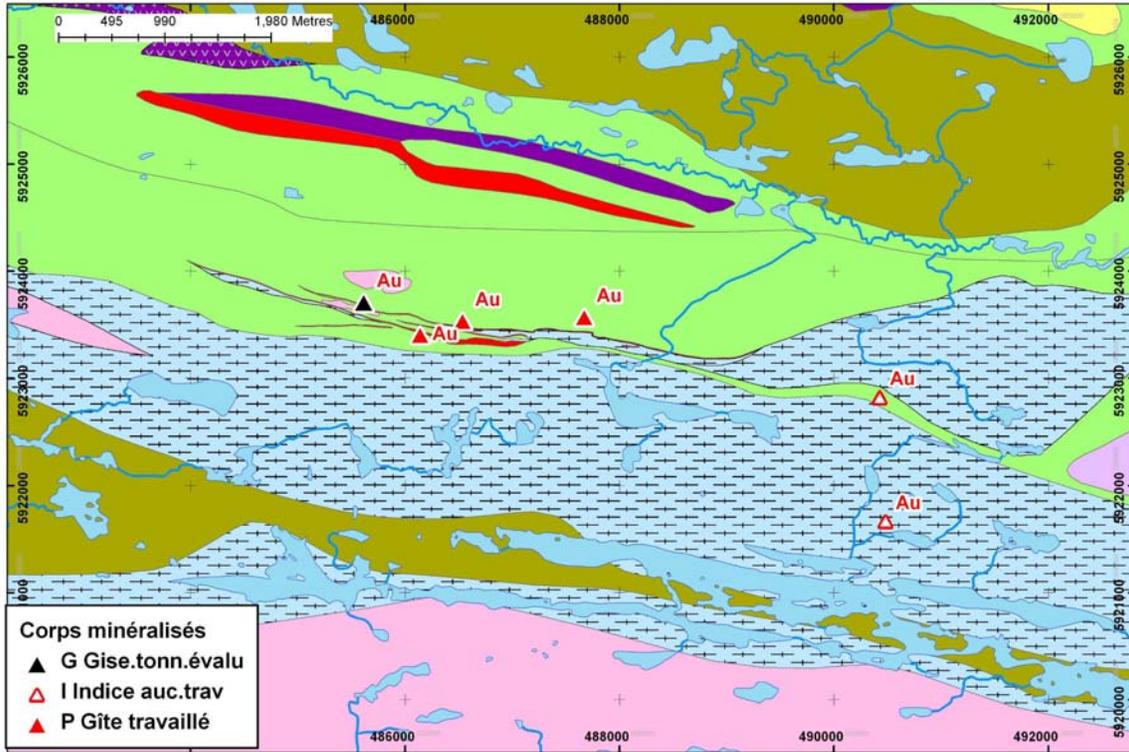


Figure 32. Géologie et minéralisations (substances), secteur Orfée.

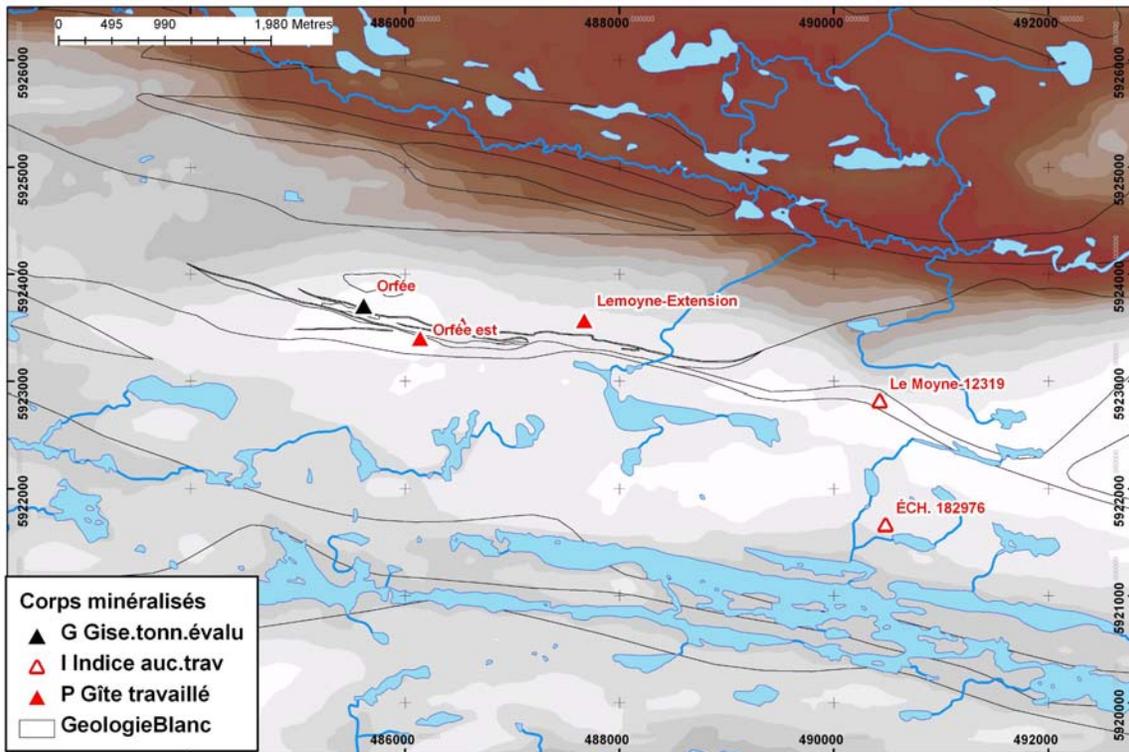


Figure 33. Topographie et minéralisations (noms), secteur Orfée.

5.3.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Les ruisseaux du secteur sont réanalysés par ICP. Le nombre d'éléments disponible est donc important.

L'examen des différentes cartes d'anomalies montre que ces gîtes ne révèlent pas de signature évidente dans les sédiments de ruisseaux. En particulier, on ne trouve pas d'anomalies très fortes en or ou arsenic (**Figure 34**; **Figure 35**) dans les ruisseaux du secteur. Un ruisseau au nord des gîtes est assez fortement anomalique en métaux. Il s'agit d'un ruisseau au nord-est du gîte Orfée, dont plusieurs échantillons montrent des anomalies qui sont polymétalliques (W-Co-Mo-Te±Ag±Ba) (**Figure 36**). Toutefois, de nombreux échantillons situés plus près des gîtes sont complètement dépourvus d'anomalies. Quatre échantillons situés au sud-est de Orfée montrent des anomalies en W-Ag±Sr±As±Pt±Mo. Cette signature est relativement semblable à la précédente.

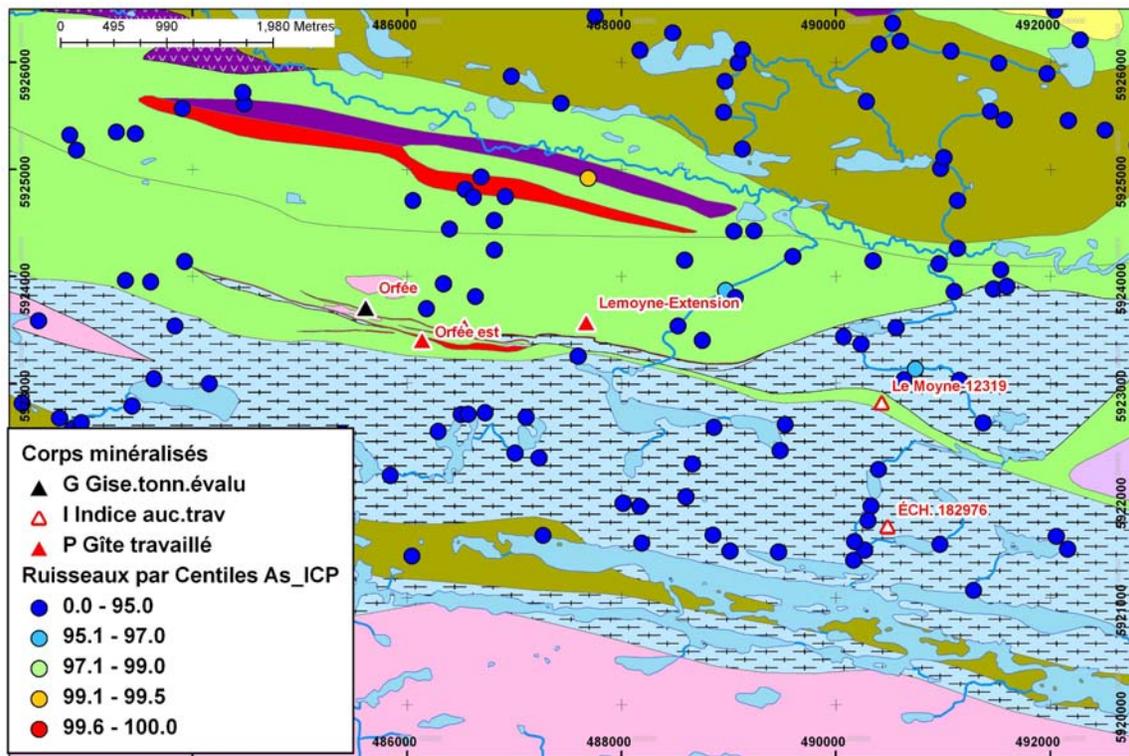


Figure 34. Arsenic (ICP) dans les sédiments de ruisseaux, secteur Orfée.

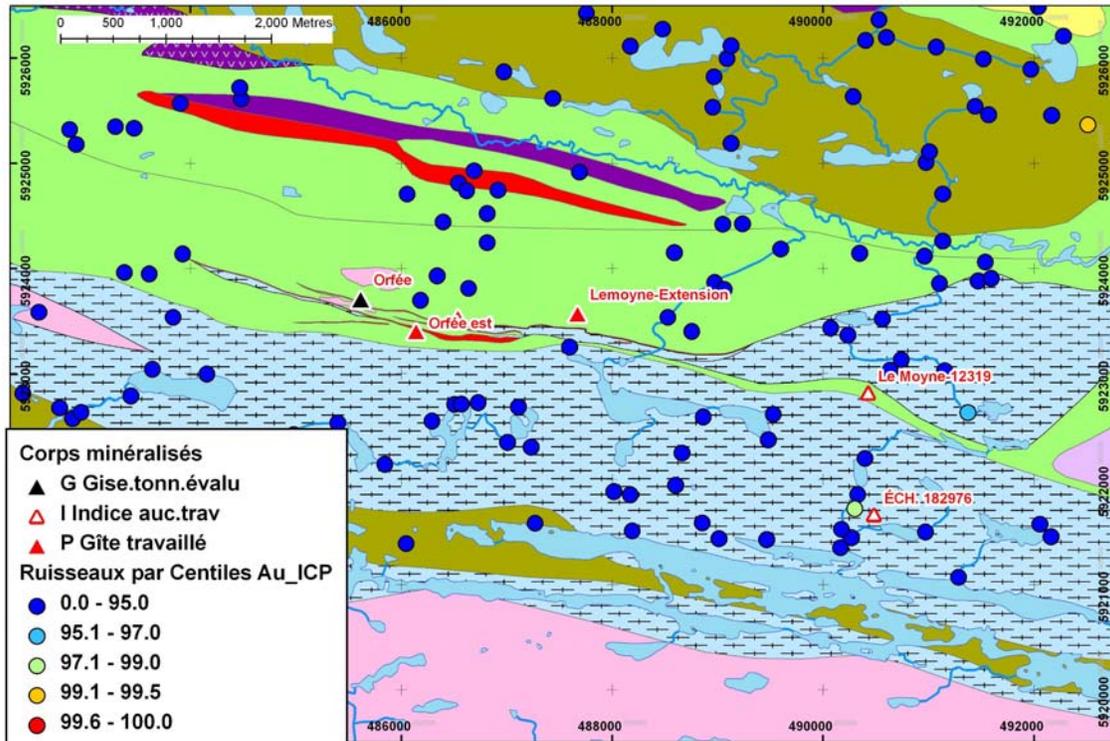


Figure 35. Molybdène dans les sédiments de lacs, secteur "Tyrone 1-6".

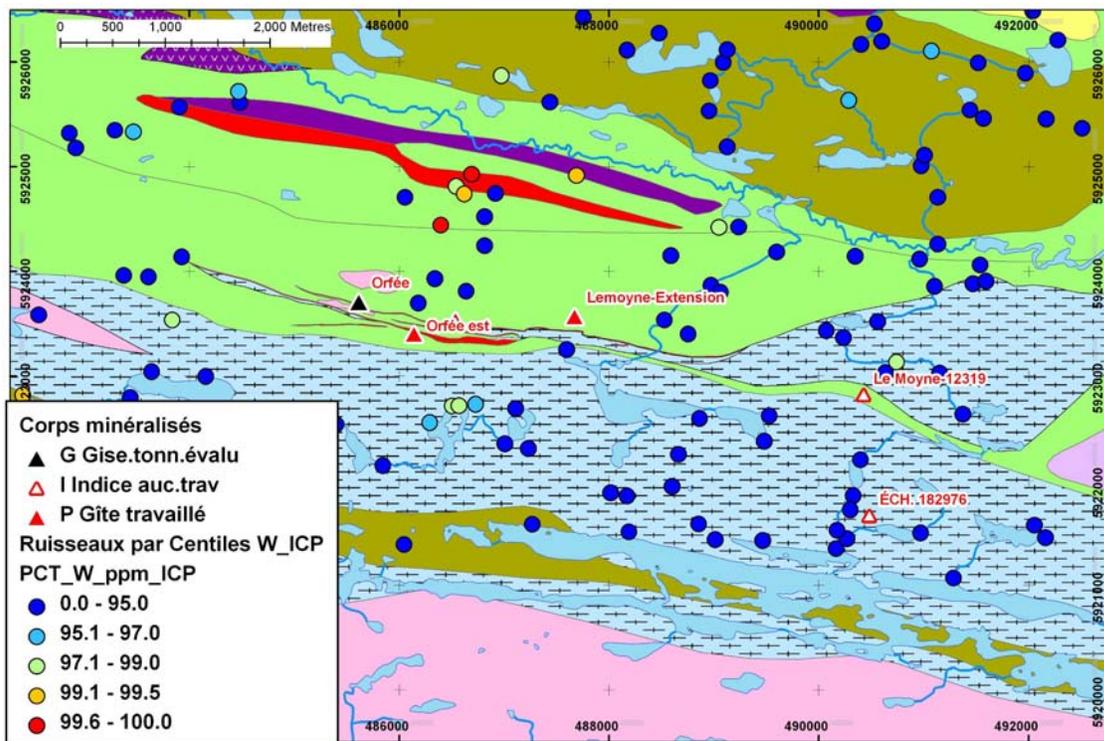


Figure 36. Tungstène (ICP) dans les sédiments de ruisseaux, secteur Orfée.

5.3.2 Signature dans les sédiments de lacs

Les lacs du secteur ne montrent pas non plus d'anomalies. L'arsenic et l'or sont en particulier absents des lacs adjacents (**Figure 37**; **Figure 38**).

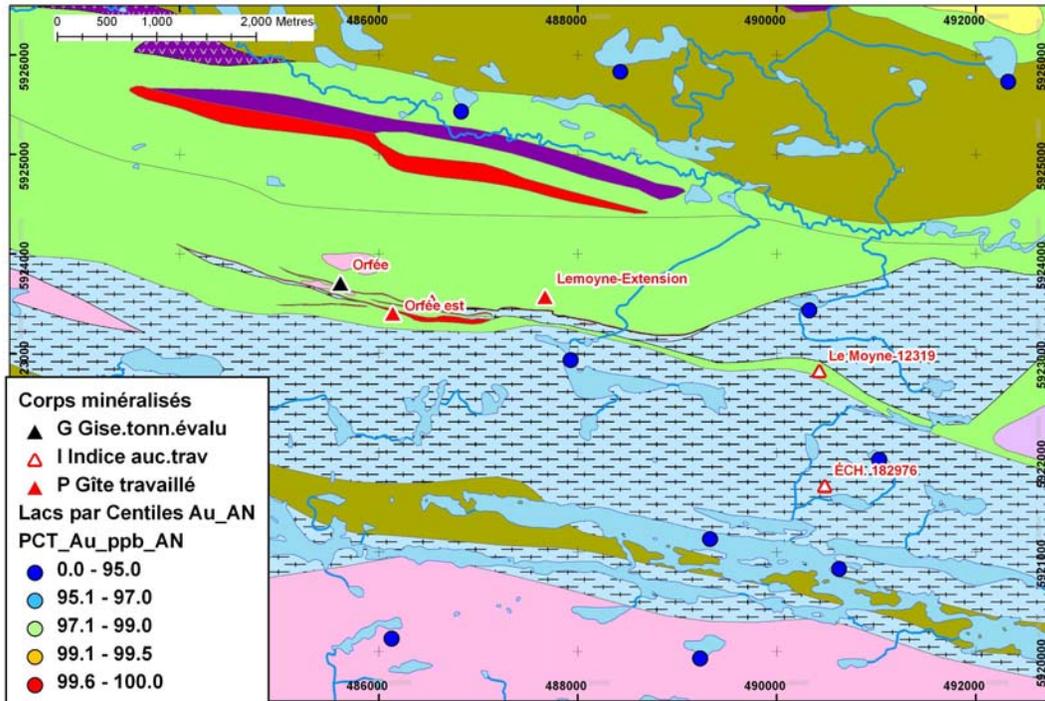


Figure 37. Or (AN) dans les sédiments de lacs, secteur Orfée.

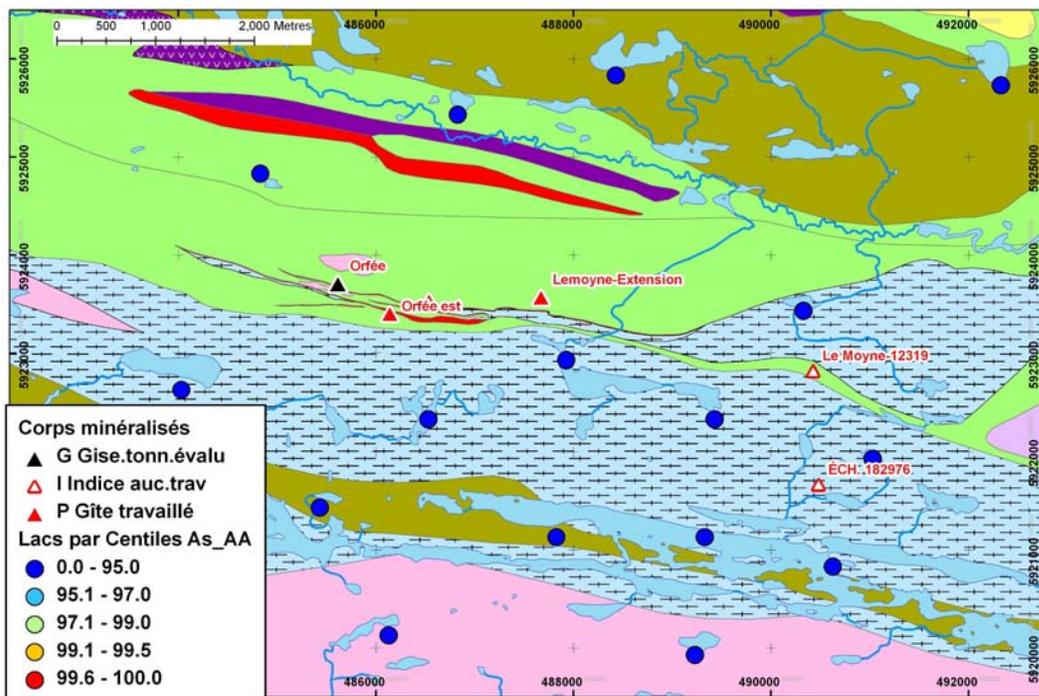


Figure 38. Arsenic (AA) dans les sédiments de lacs, secteur Orfée.

5.4 Secteur Guyer

Ces gîtes sont des minéralisations à Cu, Au-Cu, Zn-Cu et Au relativement espacées. Elles sont associées aux volcanites du groupe de Guyer (**Figure 39; Figure 40**).

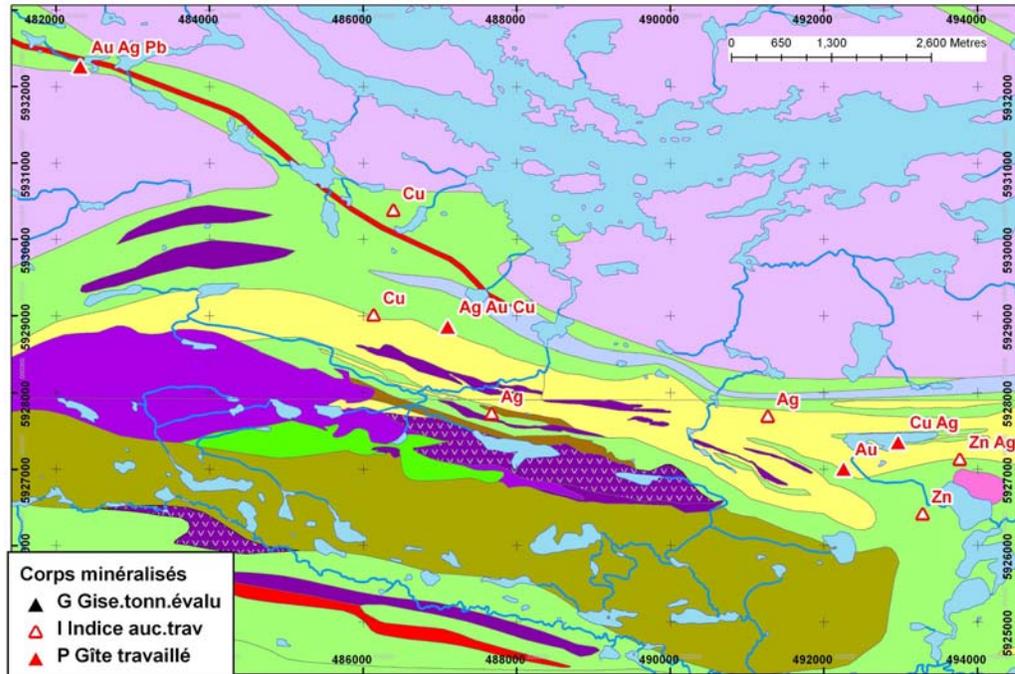


Figure 39. Géologie et minéralisations (substances), secteur Guyer.

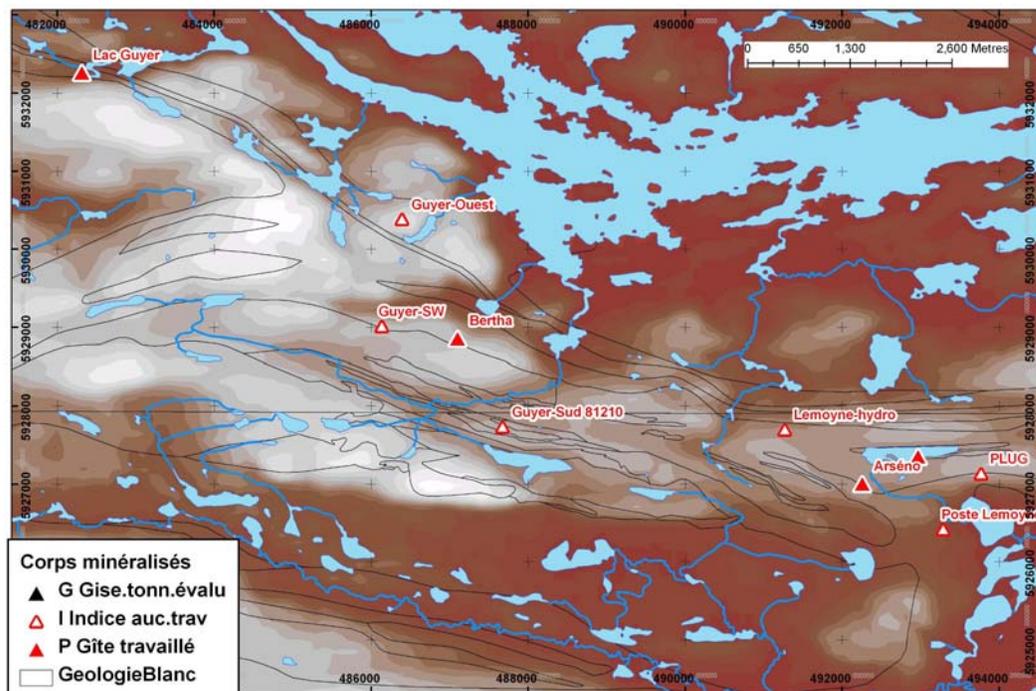


Figure 40. Topographie et minéralisations (noms), secteur Guyer.

5.4.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Les ruisseaux du secteur n'ont que des analyses par absorption atomique.

Valeurs brutes

Ces minéralisations semblent avoir des signatures assez discrètes dans les ruisseaux. Il faut toutefois admettre qu'il ne s'agit pas de minéralisations d'importance. Neuf des dix gîtes du secteur ne montrent pas de signatures distinctes.

Une anomalie en Cu-Co modérée se trouve toutefois près du gîte Guyer-SW (**Figure 41**) et suggère une dispersion de moins de 500 m à partir de cette minéralisation pour cet élément. Cette anomalie est suivie d'anomalies en zinc (**Figure 42**) en aval qui sont toutefois discontinues. Ceci suggère une dispersion plus large pour le zinc. L'anomalie la plus forte en zinc se trouve à 1,5 km en aval du gîte.

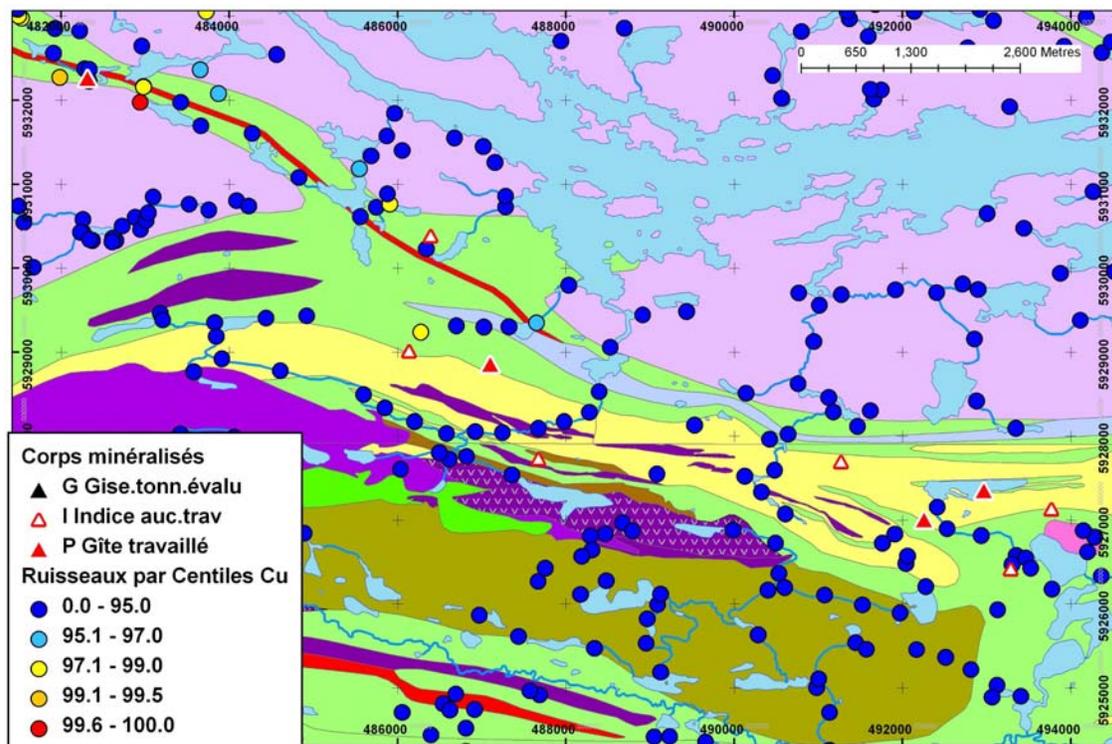


Figure 41. Cuivre dans les sédiments de ruisseaux, secteur Guyer.

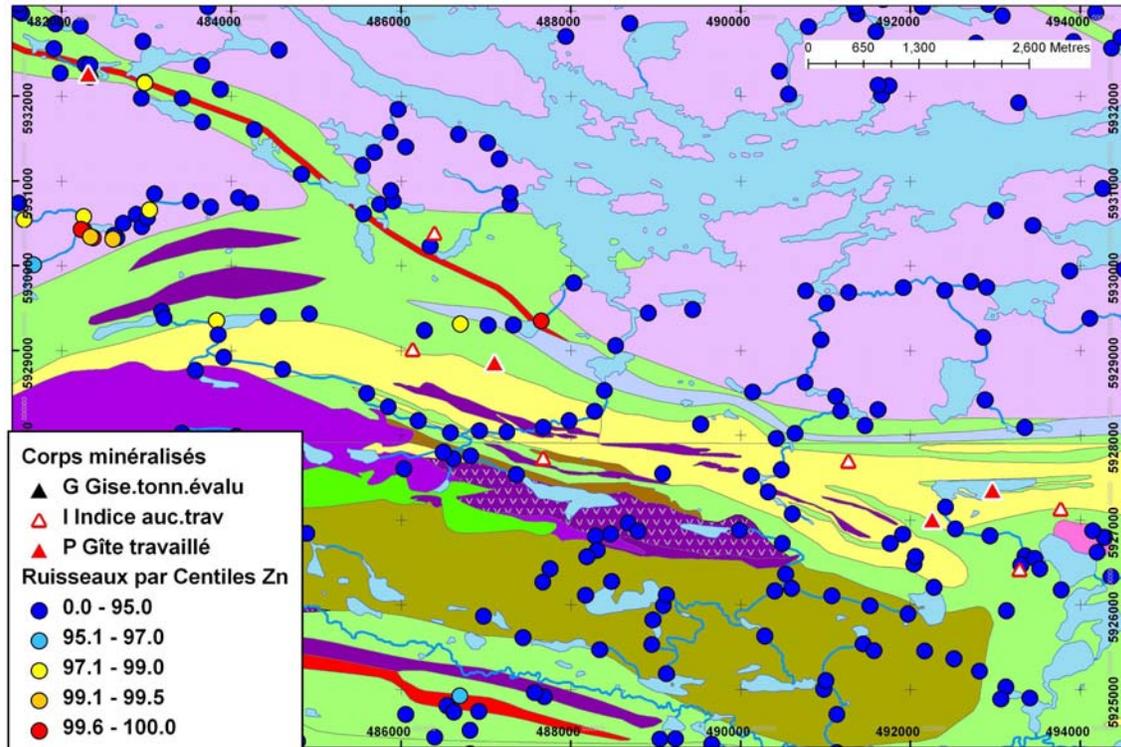


Figure 42. Zinc dans les sédiments de ruisseaux, secteur Guyer.

Régression spatiale

L'anomalie Cu-Co présente près du gîte Guyer-SW est également présente par régression spatiale. L'anomalie en zinc observée plus en aval de ce gîte est rehaussée par la régression spatiale.

Cibles d'exploration dans le secteur

Des anomalies Cu-Co±Pb±Zn se trouvent à l'est du gîte Lac Guyer (**Figure 43**) mais ne peuvent s'expliquer par celui-ci. Ces anomalies sont présentes par régression spatiale et d'autres apparaissent également pour le cuivre. Elles restent donc inexpliquées. De même, une série d'anomalies très fortes en Zn (**Figure 43**) et Pb coïncidentes se trouvent dans la partie ouest du secteur et sont également inexpliquées. Elles sont encore plus fortes par régression spatiale pour le zinc.

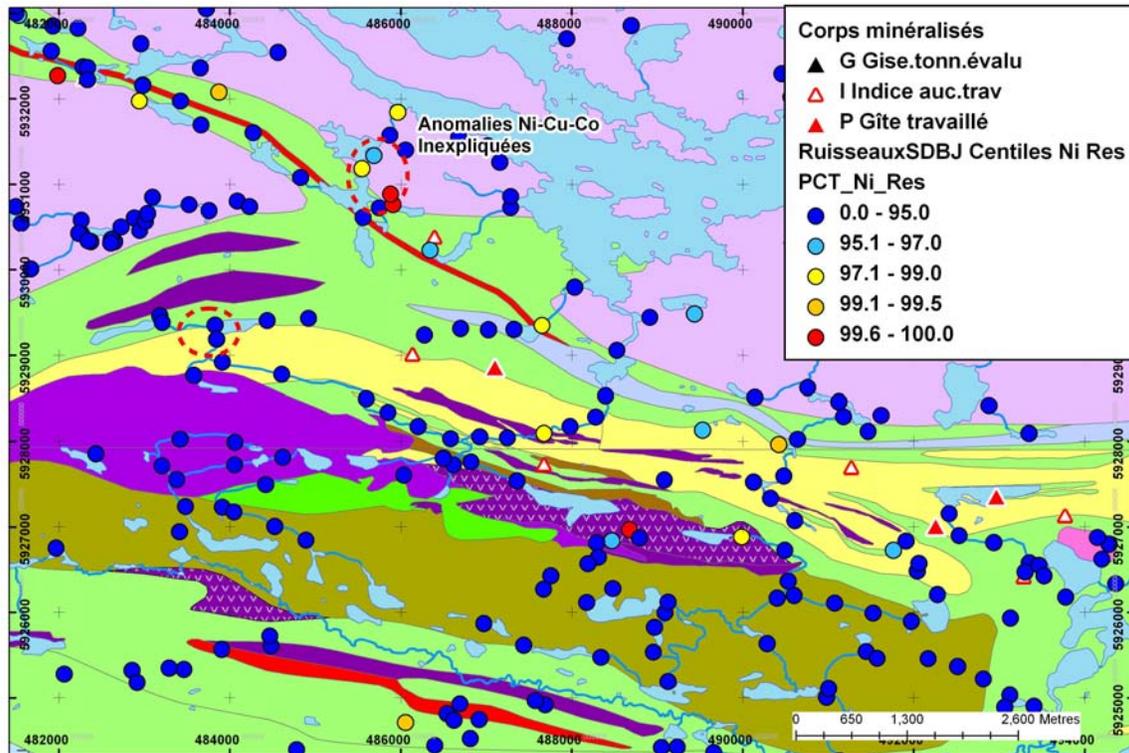


Figure 43. Anomalies inexplicées dans les sédiments de ruisseaux, secteur Guyer.

5.4.2 Signature dans les sédiments de lacs

De faibles anomalies en cuivre et zinc sont visibles près des gîtes (**Figure 44**). Il faut noter qu'il n'y a pas d'échantillons près du gîte aurifère du Lac Guyer. Aucune anomalie ne peut donc y être détectée.

Une anomalie forte en zinc (**Figure 45**) se trouve dans un lac de la partie ouest de la région. Cette anomalie est à 1 km au sud des très fortes anomalies Zn-Pb inexplicées dans les ruisseaux, mentionnées précédemment. Cette anomalie renforce l'intérêt de ce secteur.

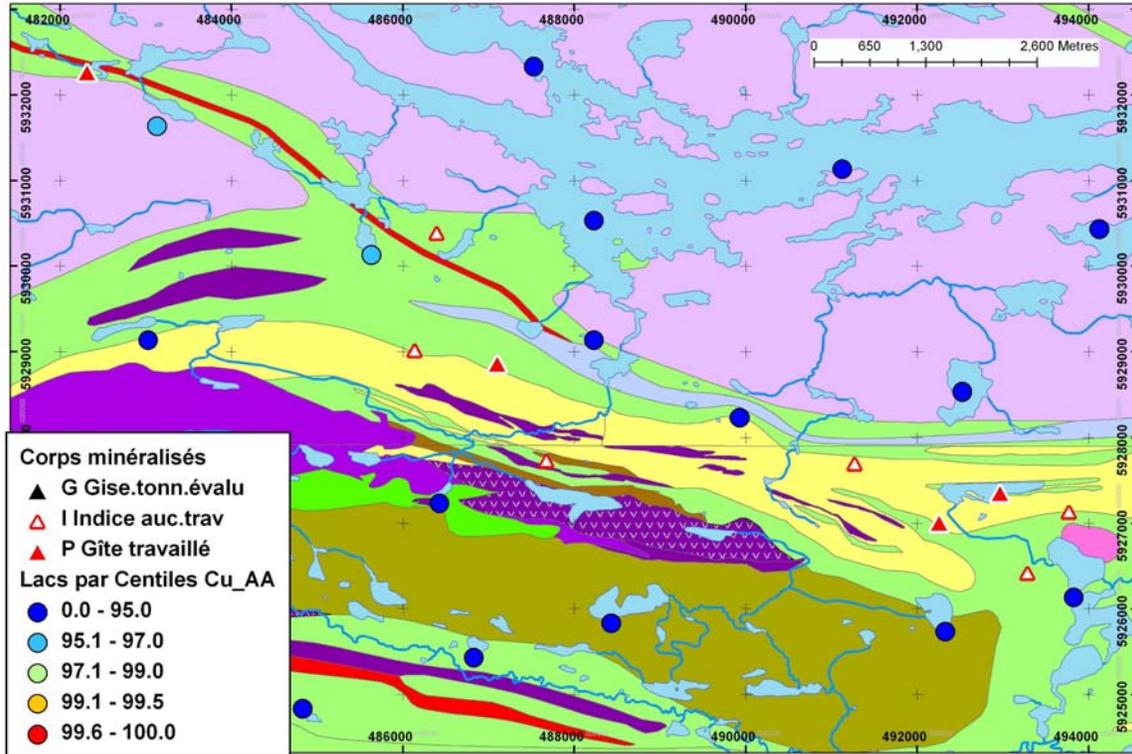


Figure 44. Cuivre dans les sédiments de lacs, secteur Guyer.

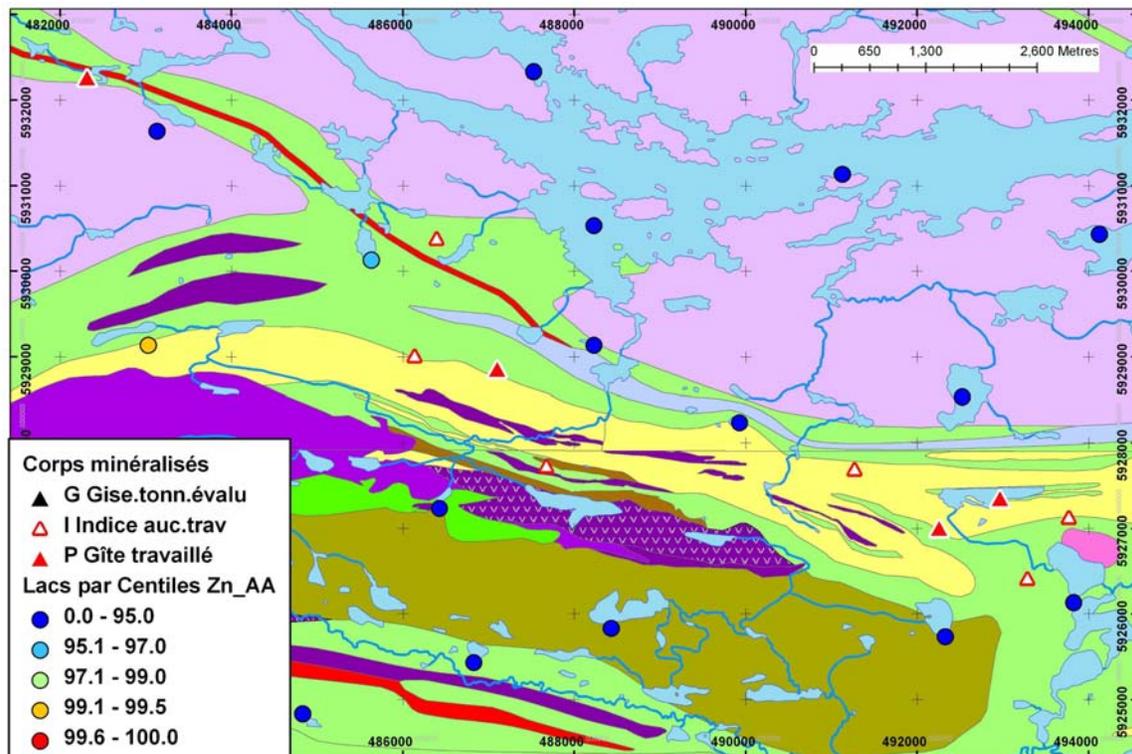


Figure 45. Zinc dans les sédiments de lacs, secteur Guyer.

5.5 Secteur des gîtes Pamor et Maro (uranium)

Ces gîtes sont des minéralisations à uranium essentiellement. Elles sont d'âge protérozoïque. Elles sont associées à des gneiss granitiques et tonalites archéens localisés près de la discordance avec les arénites à quartz de la formation de Sakami (protérozoïque) (**Figure 46**; **Figure 47**). D'autres minéralisations riches en barium sont associées au même contexte.

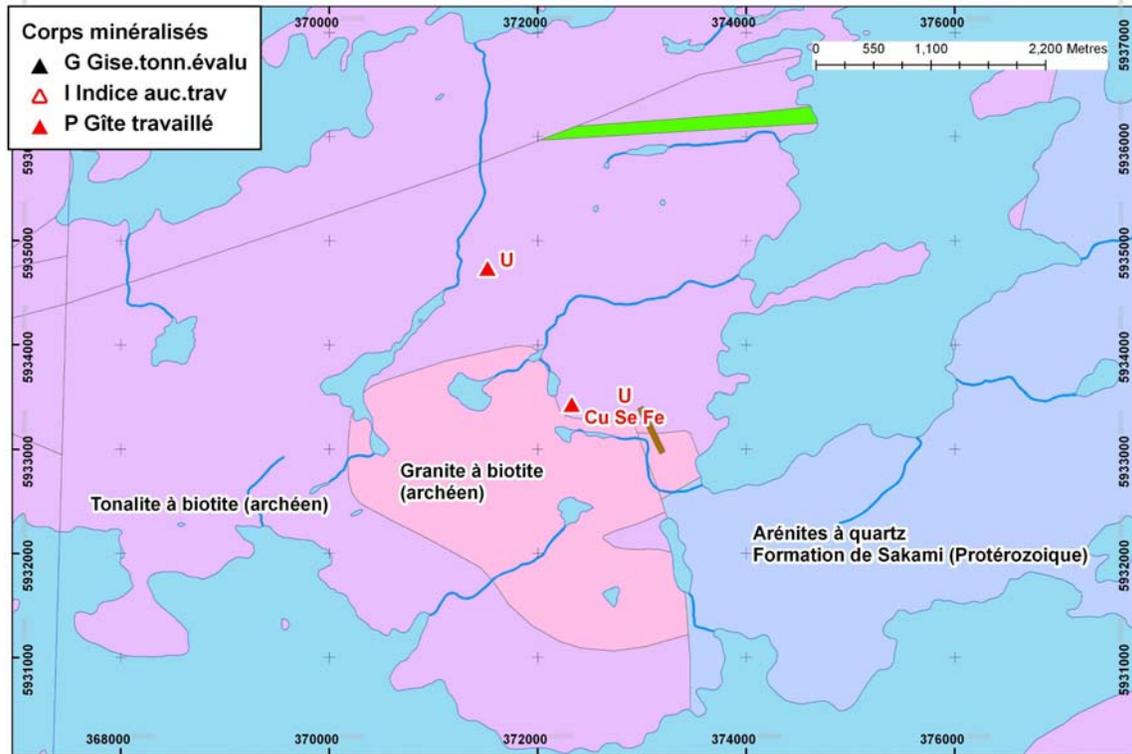


Figure 46. Géologie et minéralisations (substances), secteur des gîtes Pamor et Maro.

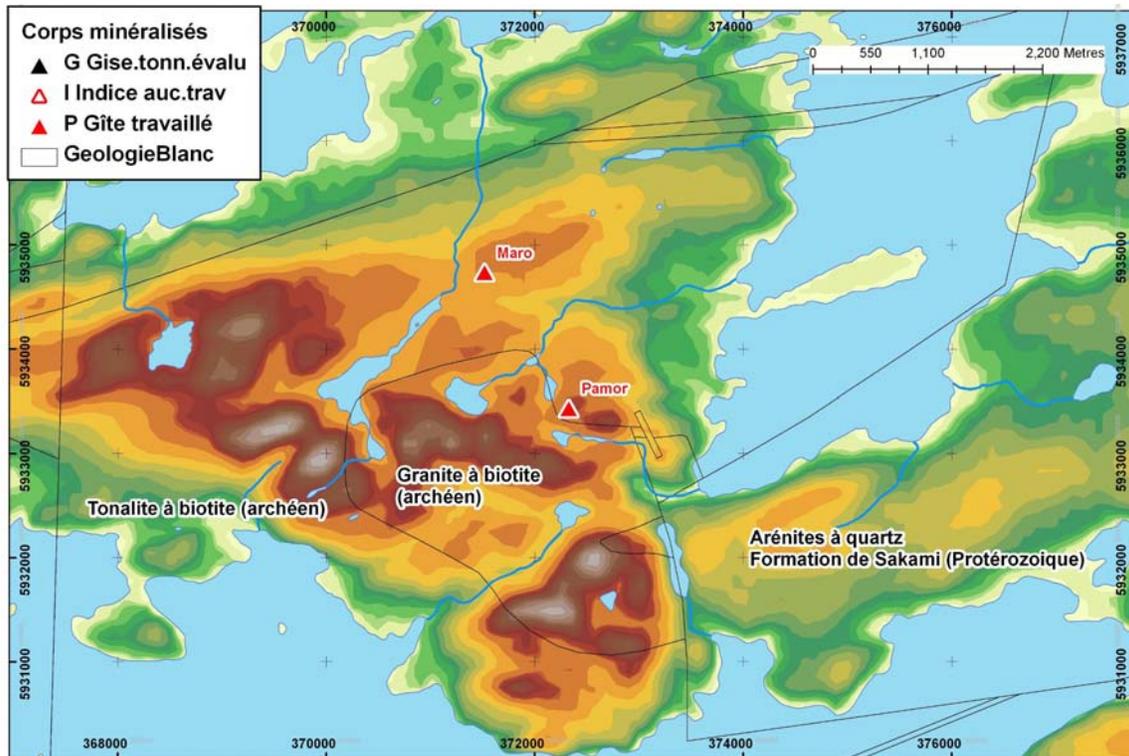


Figure 47. Topographie et minéralisations (noms), secteur des gîtes Pamor et Maro.

5.5.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Les ruisseaux du secteur n'ont que des analyses par absorption atomique.

Le gîte Maro a une signature très nette en uranium vers le nord (**Figure 48**). Deux échantillons montrent des anomalies très nettes en uranium. La dispersion à partir du gîte peut être évaluée à 1 km. Les anomalies associées au gîte Pamor sont plus faibles (au sud-est du gîte) mais peuvent être tracées sur environ 2 km à partir du gîte. On trouve également des anomalies en barium associées à ces minéralisations (**Figure 49**). Globalement, la signature chimique dans les ruisseaux est de $U \pm Ba$.

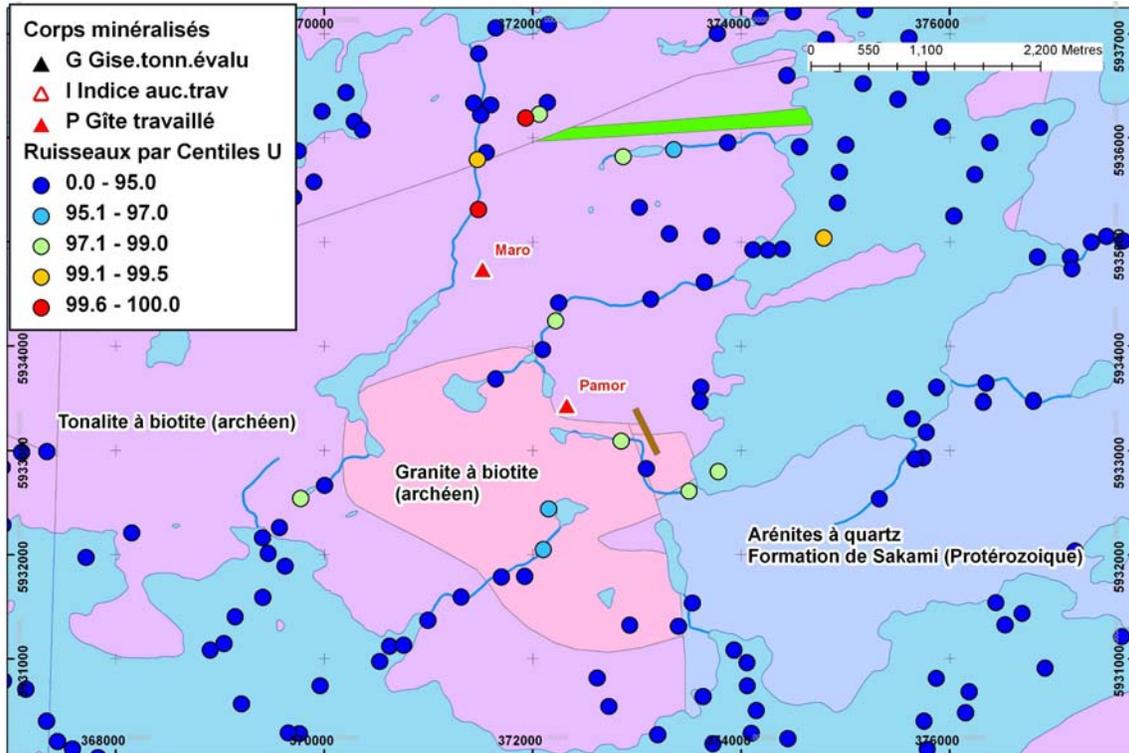


Figure 48. Uranium dans les sédiments de ruisseaux, secteur des gîtes Maro et Pamor.

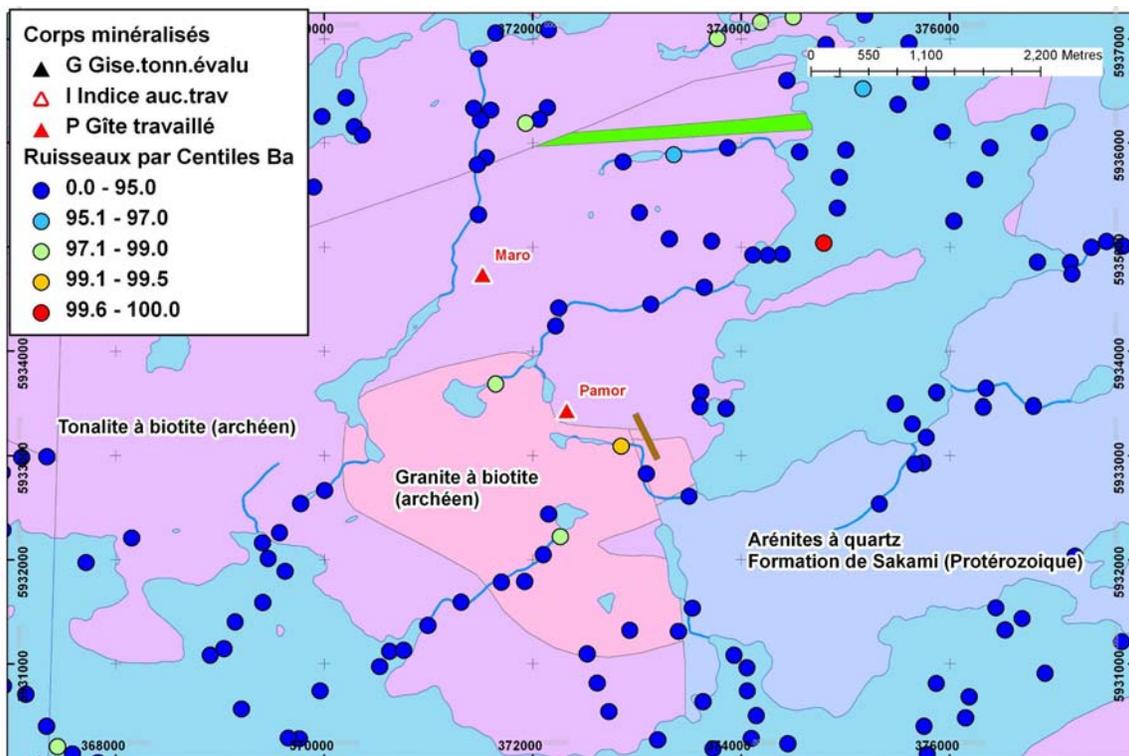


Figure 49. Barium dans les sédiments de ruisseaux, secteur des gîtes Maro et Pamor.

Cibles d'exploration dans le secteur

Quelques anomalies fortes U±Ba se trouvent à 1,5 km au nord du gîte Maro et sont probablement causées par des minéralisations non mises à jour jusqu'à maintenant dans ce secteur (**Figure 50**).

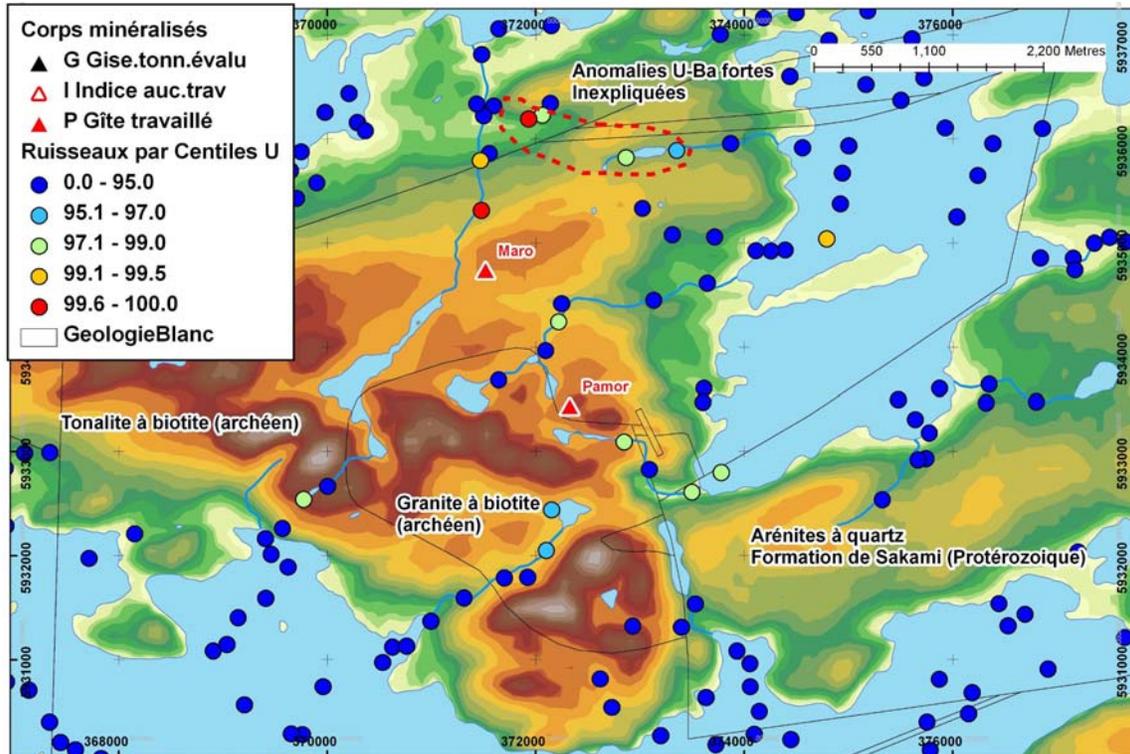


Figure 50. Anomalies inexplicées dans les sédiments de ruisseaux, secteur Pamor-Maró.

5.5.2 Signature dans les sédiments de lacs

Les cinq échantillons de lacs les plus proches des deux gîtes montrent des anomalies en uranium (**Figure 51**). Trois de ces anomalies sont également des anomalies très fortes à modérées en arsenic. La signature de ces gîtes dans les lacs est donc U-As. Notons que le barium n'est pas analysé dans ces lacs.

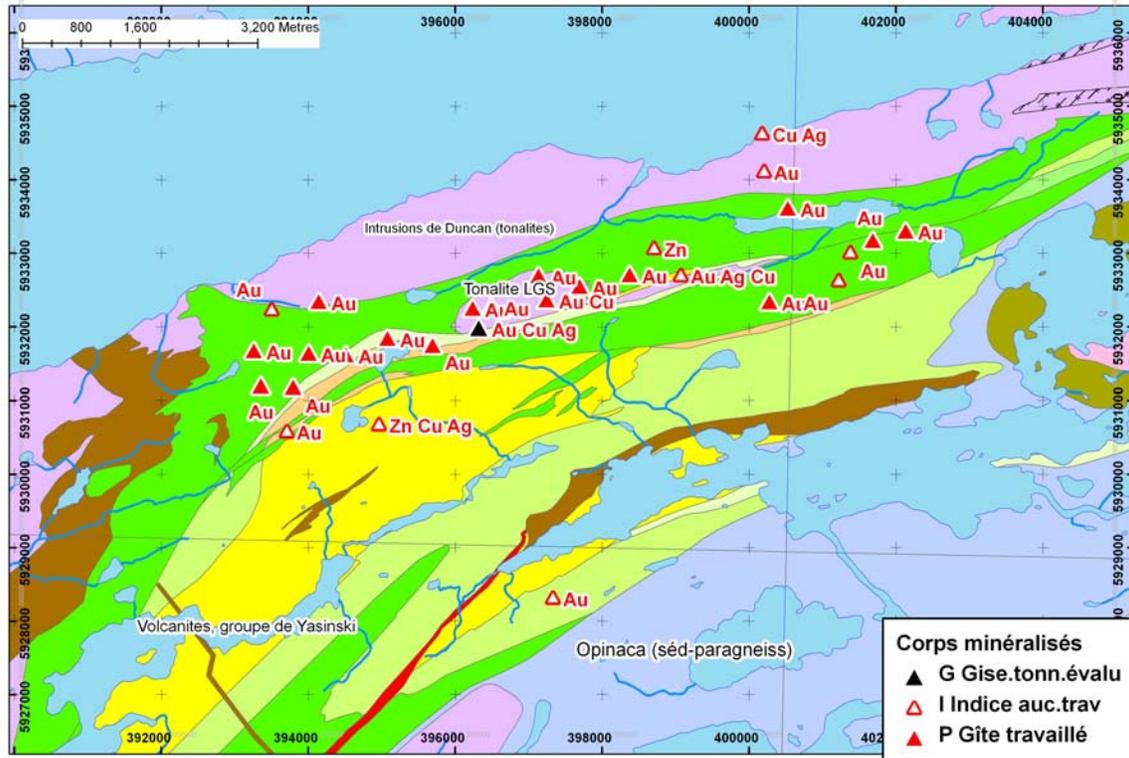


Figure 51. Géologie et minéralisations (substances), secteur La Grande Sud.

5.6 Secteur de La Grande Sud

Il s'agit d'une série de 28 gîtes principalement à or, or-cuivre (**Figure 52; Figure 53**). Les gîtes sont localisés principalement dans les volcanites mafiques et intermédiaires du groupe de Yasinski ainsi que dans la tonalite de La Grande Sud. Deux indices se situent également dans les tonalites de Duncan. Les gîtes situés autour de la tonalite de La Grande Sud sont interprétés comme des gîtes de type porphyres à Au-Cu (Mercier-Langevin, 2000) ou comme orogéniques (Gauthier, 2000).

On trouve également à proximité un gîte de Zn-Ag dans des basaltes, un gîte de Zn-Cu dans des dacites situées au sud-ouest de la tonalite et un gîte de Cu au nord dans les intrusions de Duncan. Ces gîtes plus riches en métaux de base se trouvent principalement un peu plus en périphérie.

La géochimie du till du secteur a déjà été étudiée en détail par Boucher (1999). Ces travaux ont indiqué que la tonalite de la Grande Sud montrent des teneurs anormales en Au, As, Ca, Cu, Ni, Zn, Sb et W. La zone de cisaillement située juste au sud de la tonalite et s'étendant vers l'ouest vers les indices « As » montrent des teneurs anormales en Au, As, Ca, Cu, Ni, Zn, Sb, W, Cr et Ba.

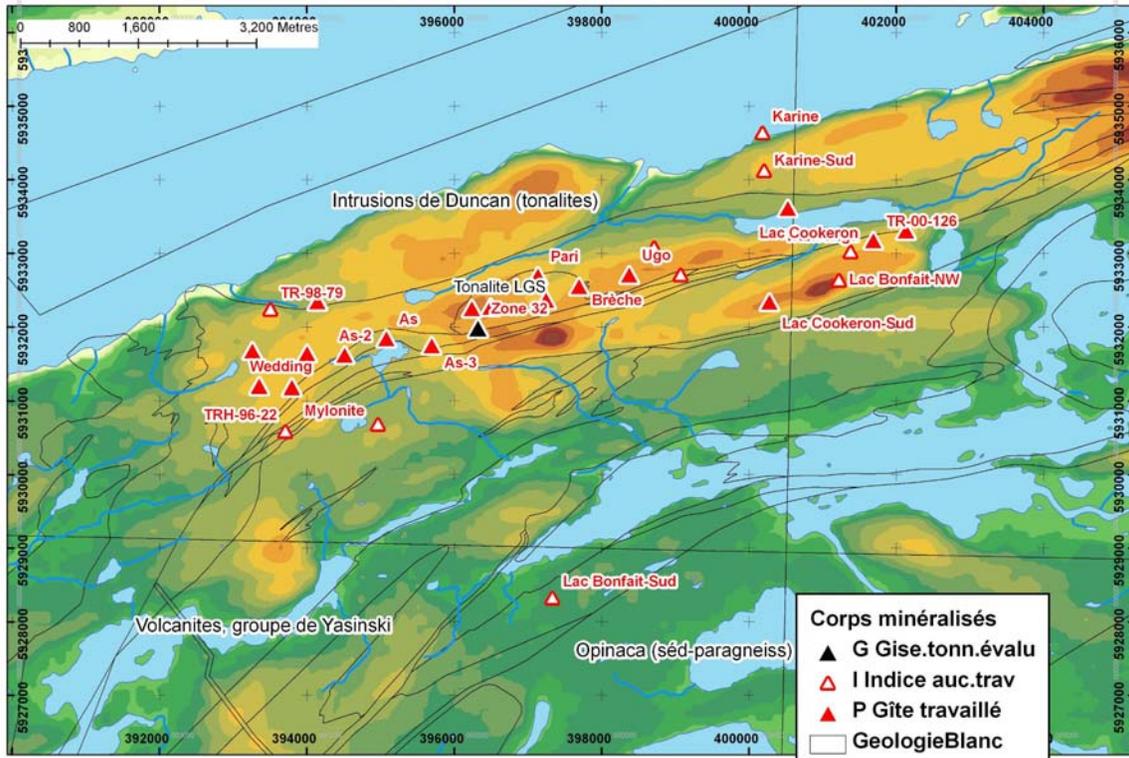


Figure 52. Topographie et minéralisations (noms), secteur La Grande Sud.

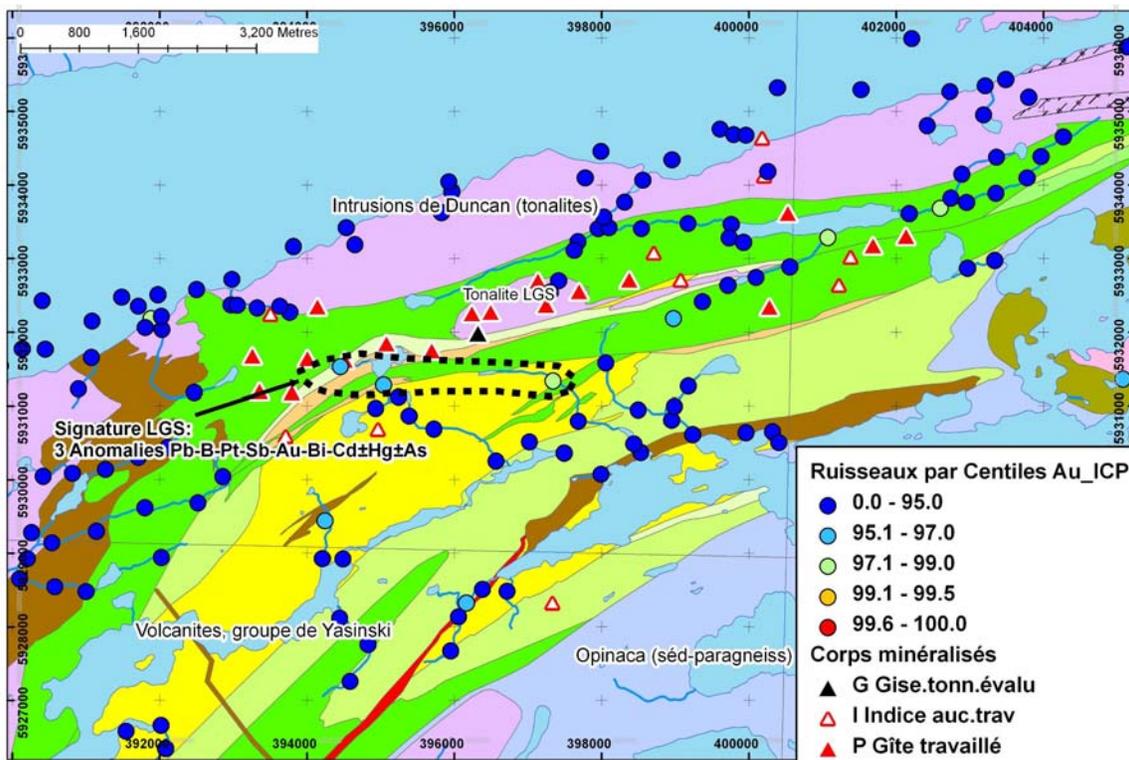


Figure 53. Or dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud.

5.6.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Valeurs brutes

Les ruisseaux du secteur ont été complètement réanalysés par ICP et partiellement par activation neutronique. Pour la discussion, seules les valeurs des réanalyses par ICP seront considérées puisqu'elles sont complètes.

Trois échantillons permettent clairement de détecter les minéralisations aurifères du secteur. Ces trois échantillons sont localisés sur le versant sud de la crête sur laquelle se trouvent la tonalite et les volcanites. Le premier échantillon se trouve très près du gîte « As-2 » et possède un assemblage Pt-B-Sb-Bi-Pb-Hg-Cd (**Figure 54; Figure 55; Figure 56; Figure 57; Figure 58**). Le second est situé à 500 m au sud du gîte « As » et montre un assemblage Pb-As-Bi-Sb-Cd. Finalement, le troisième échantillon est plus à l'est, situé à environ 1 km au sud du contact sud de la tonalite de La Grande Sud. Sa signature est B-Pt-Sb-Au. La signature de ces minéralisations dans l'environnement secondaire semble donc être composée de Pb-B-Pt-Sb-Au-Bi-Cd±Hg±As.

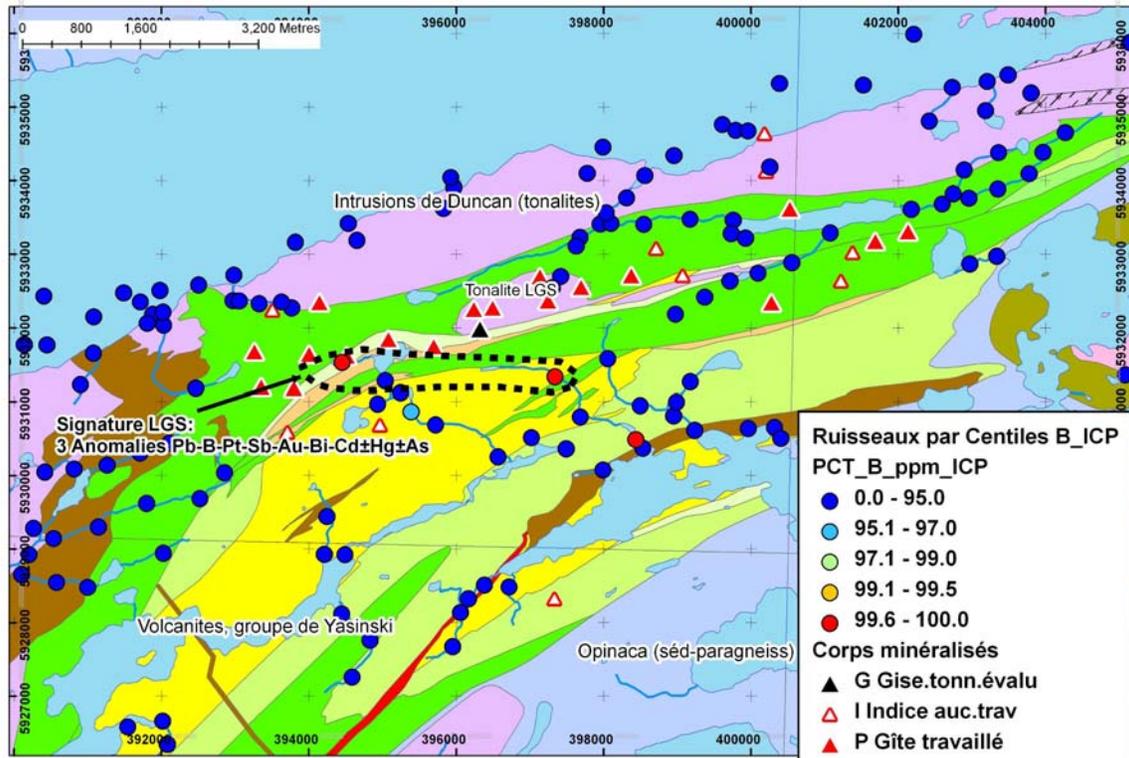


Figure 54. Bore dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud.

La présence de platine dans les anomalies peut sembler étrange. Toutefois, certains gisements porphyriques du monde montrent des teneurs anormales en platinoïdes (Tarkian et Stribrny, 1999).

Il est à noter qu'aucun des ruisseaux coulant vers le nord à partir de la crête ne montre d'anomalie quelconque. Aucune anomalie en métaux de base (Zn, Cu, Mo, etc.) n'est associée à ces indices. Ceci contraste avec les teneurs anormales rapportées dans le till par Boucher (1999).

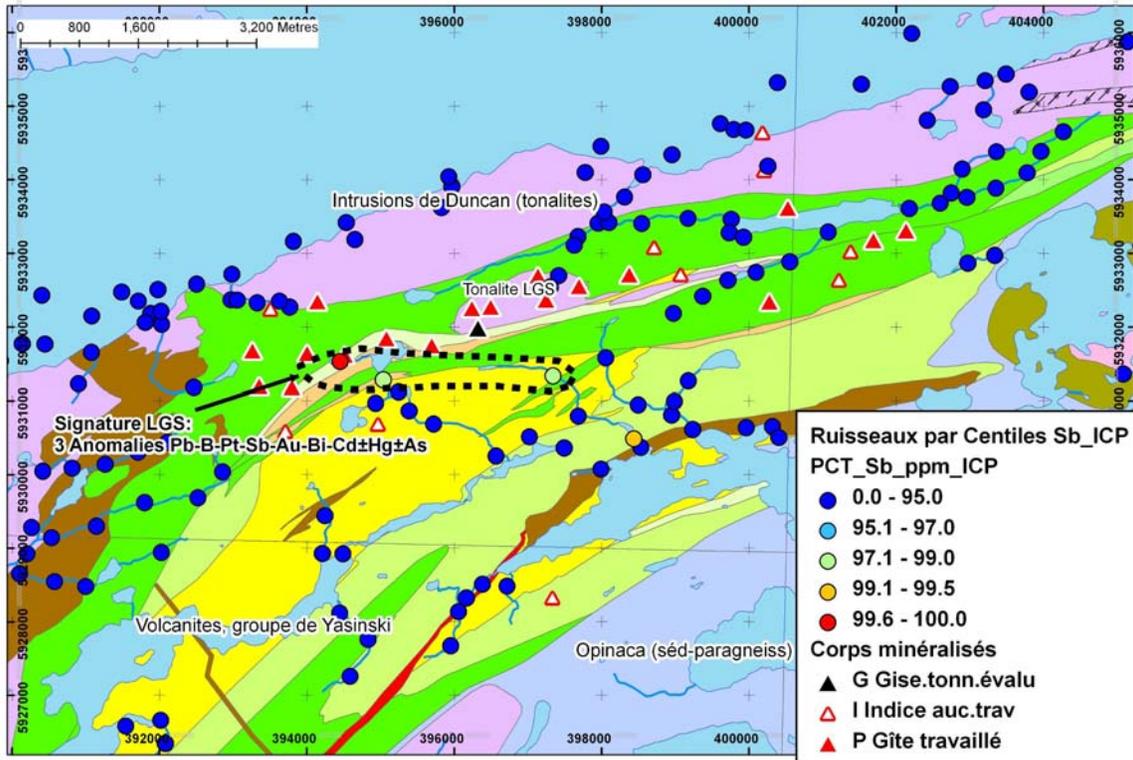


Figure 55. Antimoine dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud.

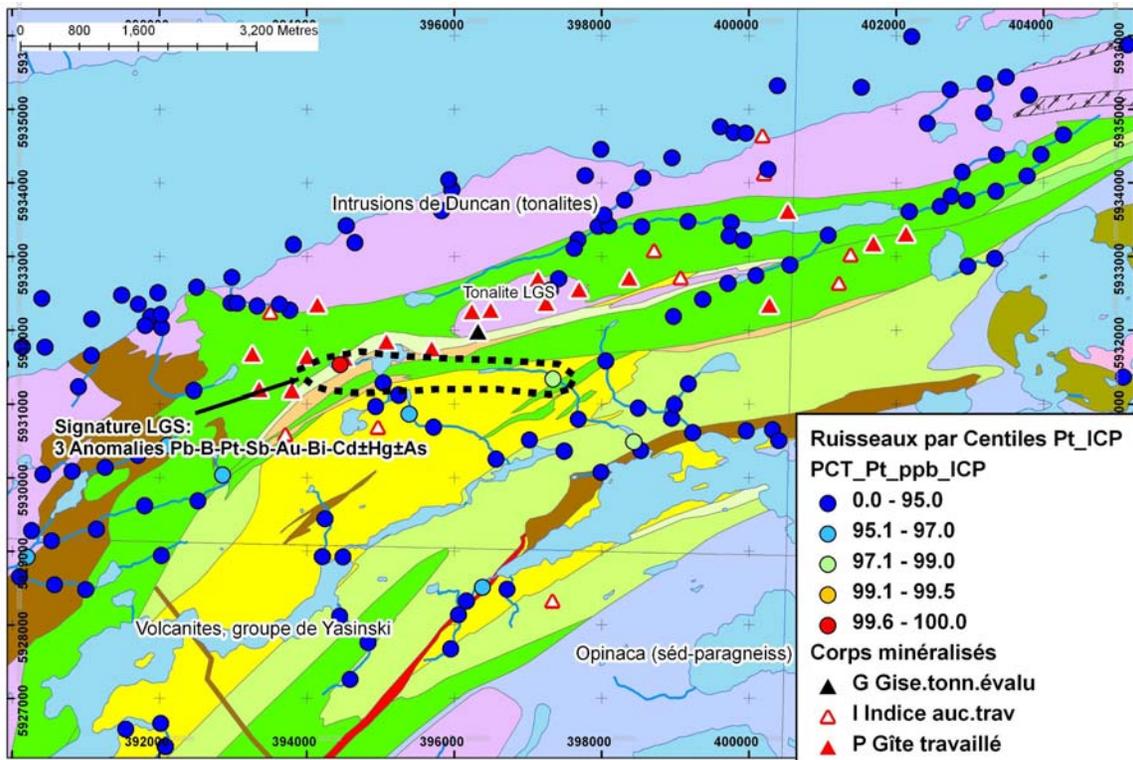


Figure 56. Platine dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud.

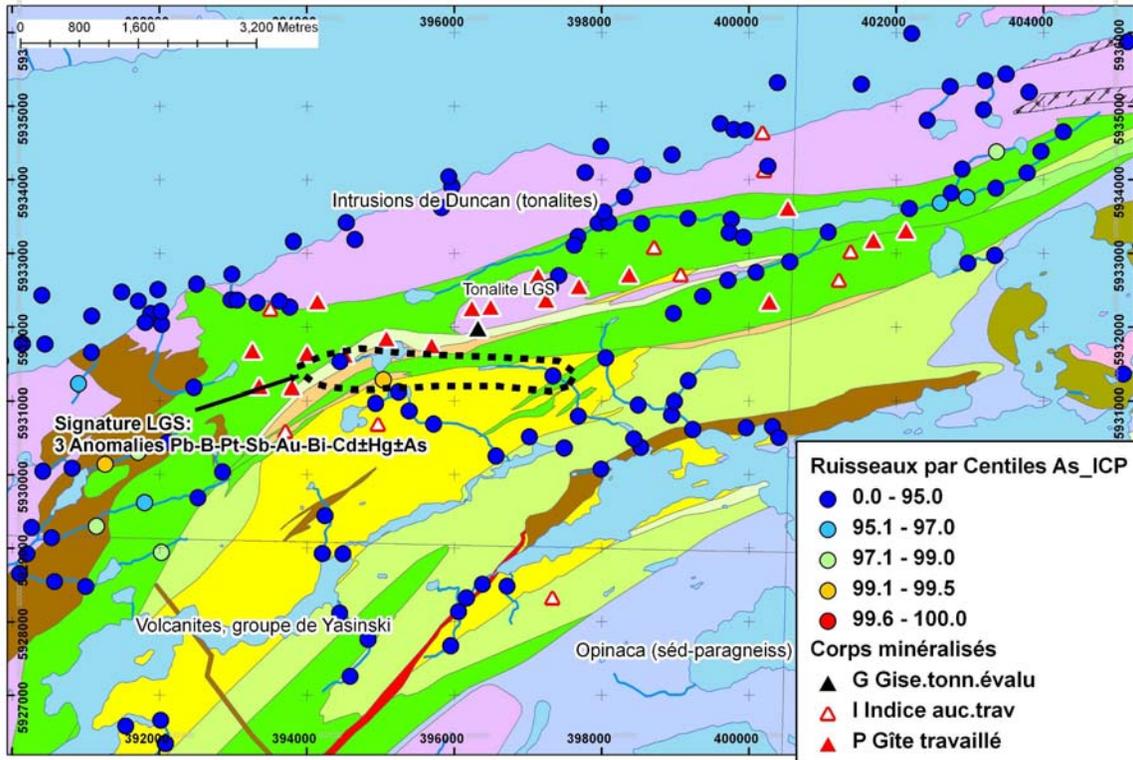


Figure 57. Arsenic dans les sédiments de ruisseaux, secteur La Grande Sud.

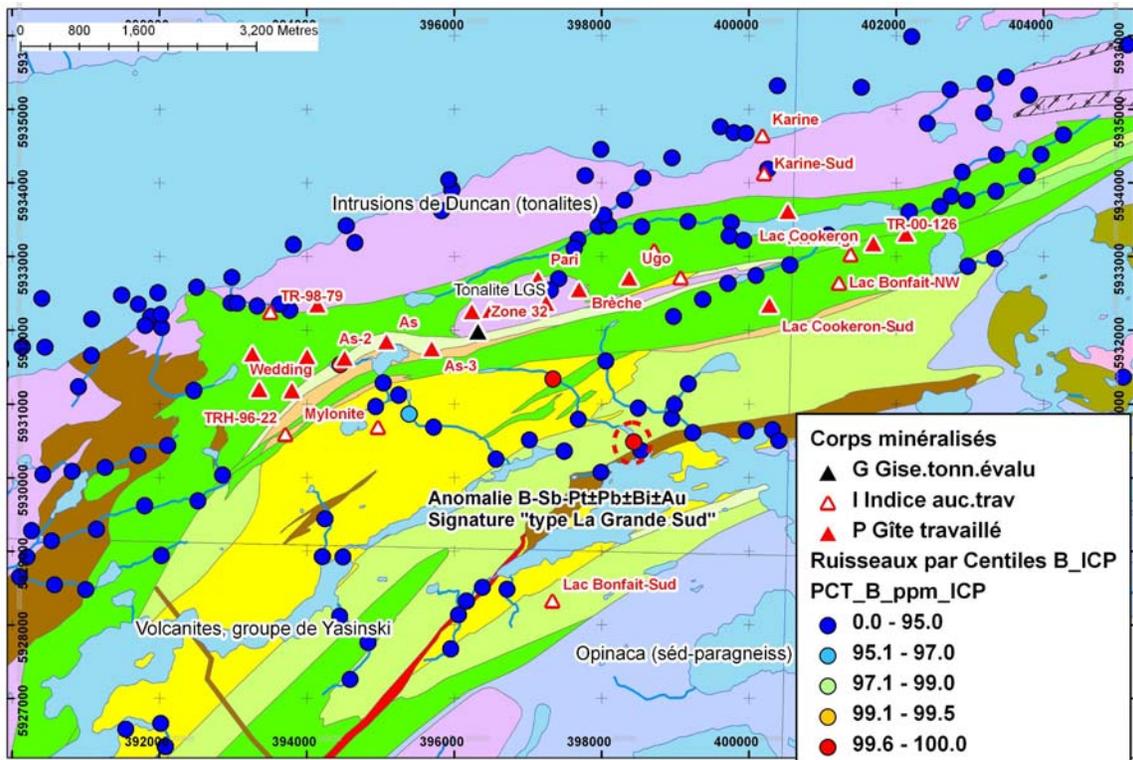


Figure 58. Anomalie de type La Grande Sud, secteur La Grande Sud.

En considérant les trois anomalies mentionnées précédemment et les autres échantillons non-anomaliés du versant sud de la crête, on peut évaluer la distance de dispersion de ces anomalies à 500-1000 m à partir des minéralisations. Toutefois cette dispersion est asymétrique (rien au nord de la crête). Cette dispersion asymétrique pourrait être due à l'effet de la dispersion glaciaire.

Un deuxième assemblage d'anomalies se trouve à 2 km à l'ouest des indices les plus à l'ouest. Plusieurs échantillons coulant le long de trois ruisseaux parallèles dans la partie ouest montrent des anomalies à Zn-As±Au±Cu±Co (**Figure 59**). Cet assemblage pourrait être dû aux minéralisations du secteur quoiqu'il semble décalé vers l'ouest (les anomalies d'échantillons à l'est de ce groupe sont plus faibles).

Quoiqu'il en soit, ceci indique que la dispersion dans les fractions fines des sédiments de ruisseaux est plutôt limitée à partir de ces minéralisations. La présence d'un ou deux échantillons anomaliques dans quelques substances qui constituent des traceurs est probablement suffisante pour mériter un suivi. Dans le cas du système minéralisé de La Grande Sud, les éléments B, Pb, Sb, Pt, Bi, Hg, As et Au sont d'intérêt pour tracer les minéralisations.

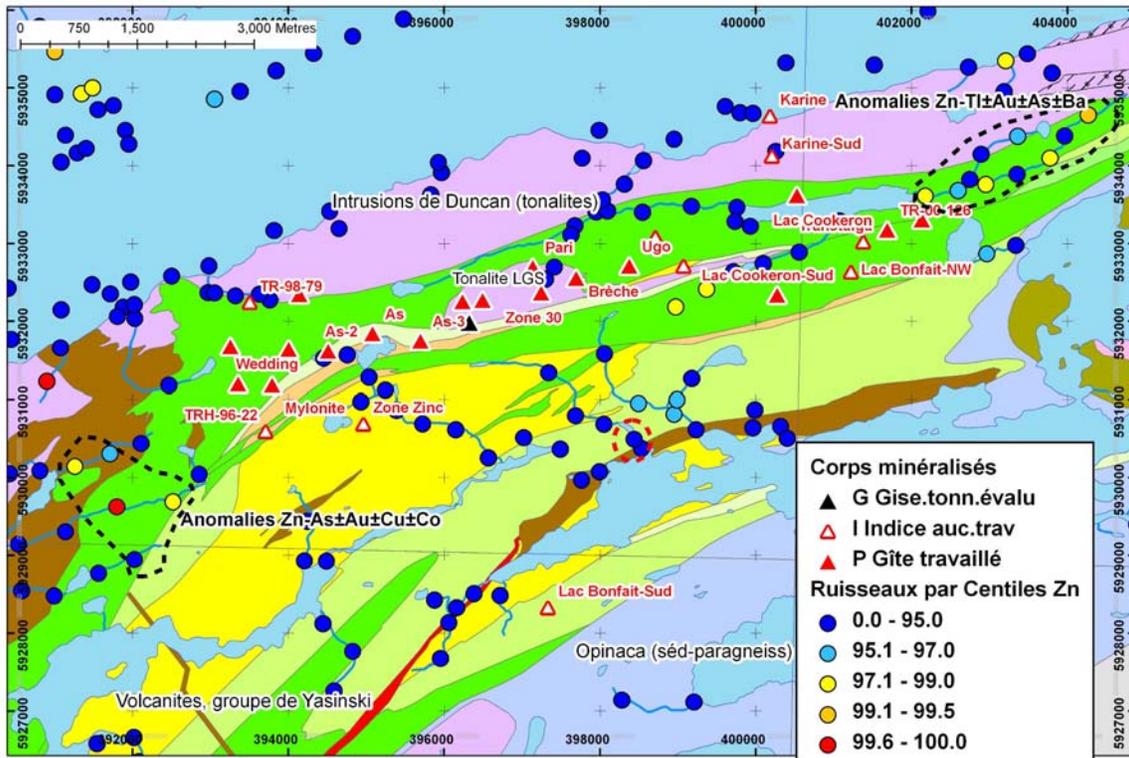


Figure 59. Autres anomalies inexplicées, secteur La Grande Sud.

Résiduelles

Les valeurs résiduelles de régressions spatiales ne montrent pas non plus d'anomalies associées à ces gîtes.

Cibles d'exploration dans le secteur

Un quatrième échantillon anomalique dans l'assemblage typique de La Grande Sud se situe à plus de 2 km au sud de la tonalite (**Figure 59**). Toutefois, il est séparé de ce dernier par un

échantillon stérile. Sa signature est à B-Sb-Pt et se rapproche des autres. Cet échantillon est entouré de plusieurs échantillons stériles à l'est et à l'ouest.

Deux autres secteurs méritent d'être mentionnés. Dans le coin nord-est du secteur, deux ruisseaux drainant un même secteur sont des anomalies en Zn-Tl±Au±As±Ba. Toutefois, ces anomalies sont grandement atténuées par la régression spatiale, ce qui pourrait indiquer qu'il s'agit d'anomalies causées par la surabondance d'oxydes secondaires de manganèse.

5.6.2 Signature dans les sédiments de lacs

Une anomalie en arsenic forte se trouve dans le lac tout juste adjacent aux indices « As-1 à As 3 ». Cette anomalie est certainement due à ces gîtes riches en arsénopyrite (**Figure 60**). Deux anomalies modérées en or par activation neutronique sont présentes dans la partie sud du secteur (**Figure 61**). Ces anomalies se trouvent entre 500 m à 1000 m au sud des gîtes connus. D'autres échantillons du secteur ne montrent toutefois pas d'anomalies. Ces minéralisations sont donc détectées par les sédiments de lacs mais pas sur tous les échantillons et de façon un peu sporadique.

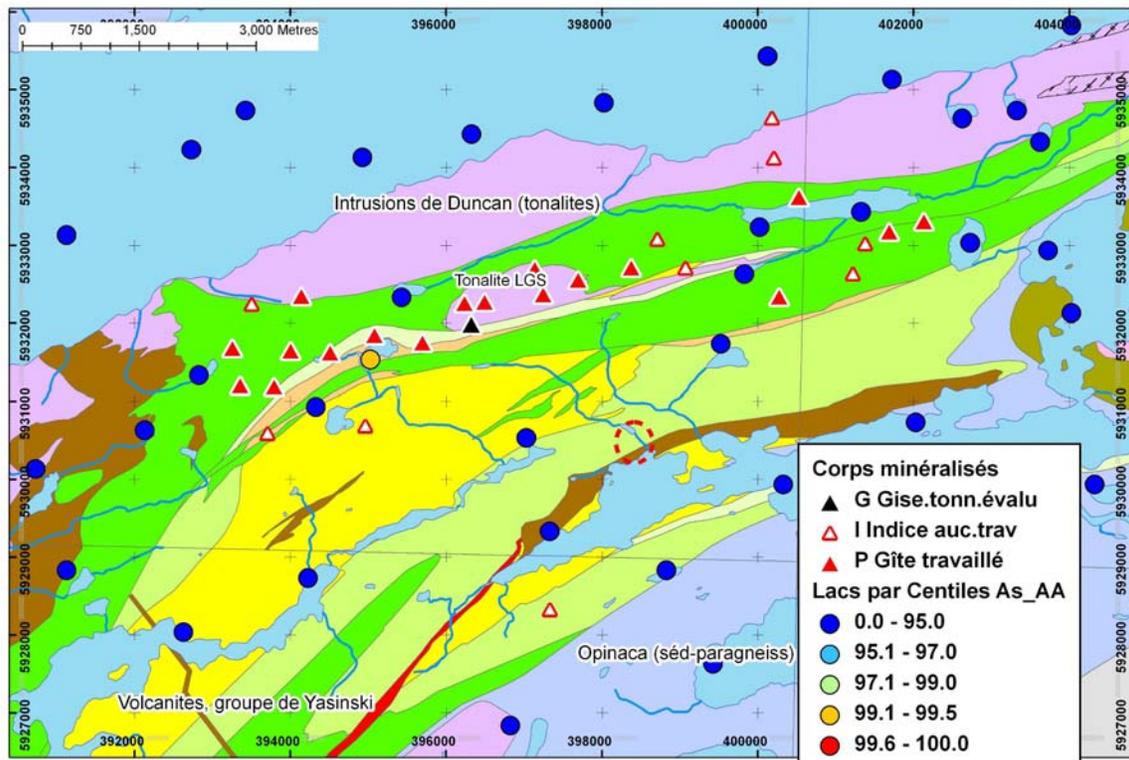


Figure 60. Arsenic dans les sédiments de lacs, secteur La Grande Sud.

Certains lacs du secteur ont été réanalysés par ICP. Notons tout d'abord que le lac anormalique en arsenic mentionné précédemment n'est pas réanalysé par ICP. Toutefois, on trouve d'abord une anomalie en Au±Pt±B à 2 km au sud-est de la tonalite de La Grande Sud. Une deuxième anomalie en Pt-B se localise à 1,3 km à l'ouest du gîte Wedding. Finalement, une dernière anomalie Au±B est observée à 2,5 km à l'ouest du gîte Wedding. Ces deux dernières anomalies se trouvent dans les zones de dispersion hydromorphiques des minéralisations.

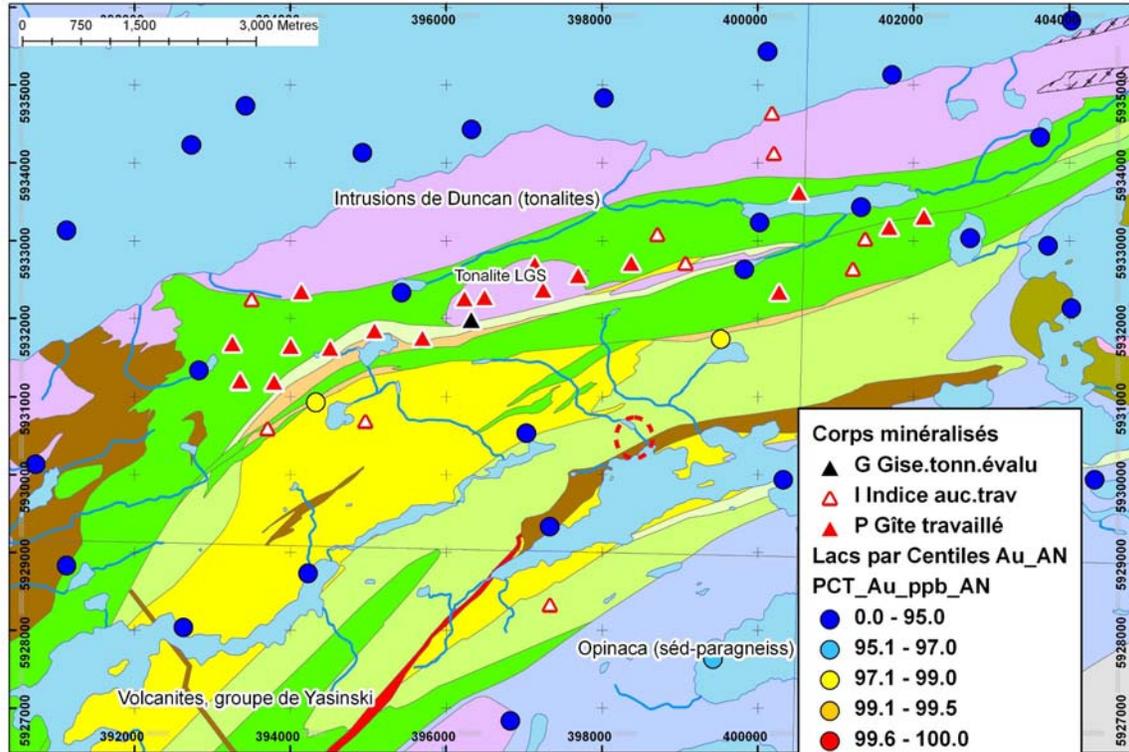


Figure 61. Au dans les sédiments de lacs par activation neutronique, secteur La Grande Sud.

5.7 Secteur nord-est du lac Menarik

Plusieurs gîtes d'or, argent, cuivre, plomb, zinc et arsenic sont localisés au nord-est du complexe ultramafique du lac Menarik (**Figure 62**; **Figure 63**). Les descriptions des gîtes indiquent qu'il s'agit de minéralisations filoniennes localisées typiquement à des contacts entre des tonalites (intrusions de Duncan) et des dykes de gabbros. Ces gîtes sont répartis selon un allongement NE-SO.

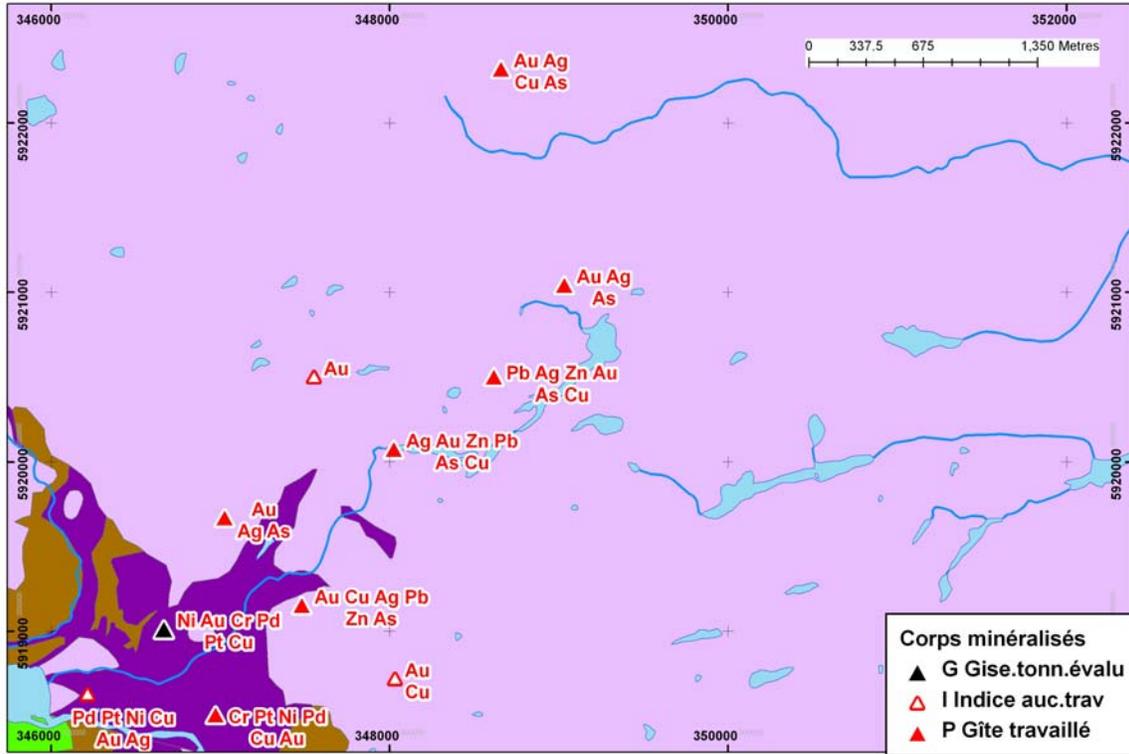


Figure 62. Géologie et minéralisations (substances), secteur nord-est du lac Menarik.

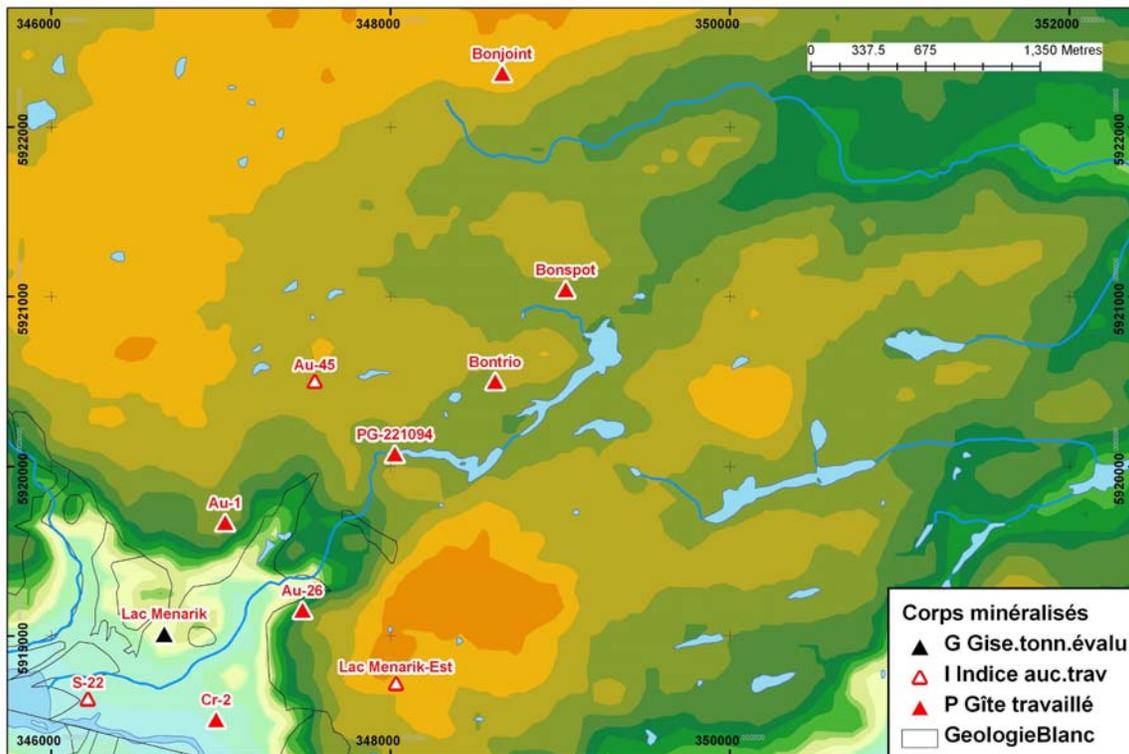


Figure 63. Topographie et minéralisations (noms), secteur nord-est du lac Menarik.

5.7.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Les ruisseaux du secteur n'ont pas été réanalysés par ICP ou activation neutronique.

Plusieurs anomalies polymétalliques sont présentes entre les gîtes As-1, PG-221094 et Au-26. Ces anomalies sont caractérisées par l'assemblage Zn, Cu, U, Co, Ni et Ag (**Figure 64**). Les échantillons plus au nord-est, près des gîtes Bonspot et Bontrio, montrent des anomalies en cuivre ou argent. Finalement, le ruisseau situé dans le secteur nord de la carte, au sud du gîte Bonjoint, est sporadiquement anormal en Cu, Mo, Ni, Ag.

Les anomalies en cuivre tendent ici à être rehaussées par la régression spatiale alors que celles en zinc et nickel sont plutôt diminuées.

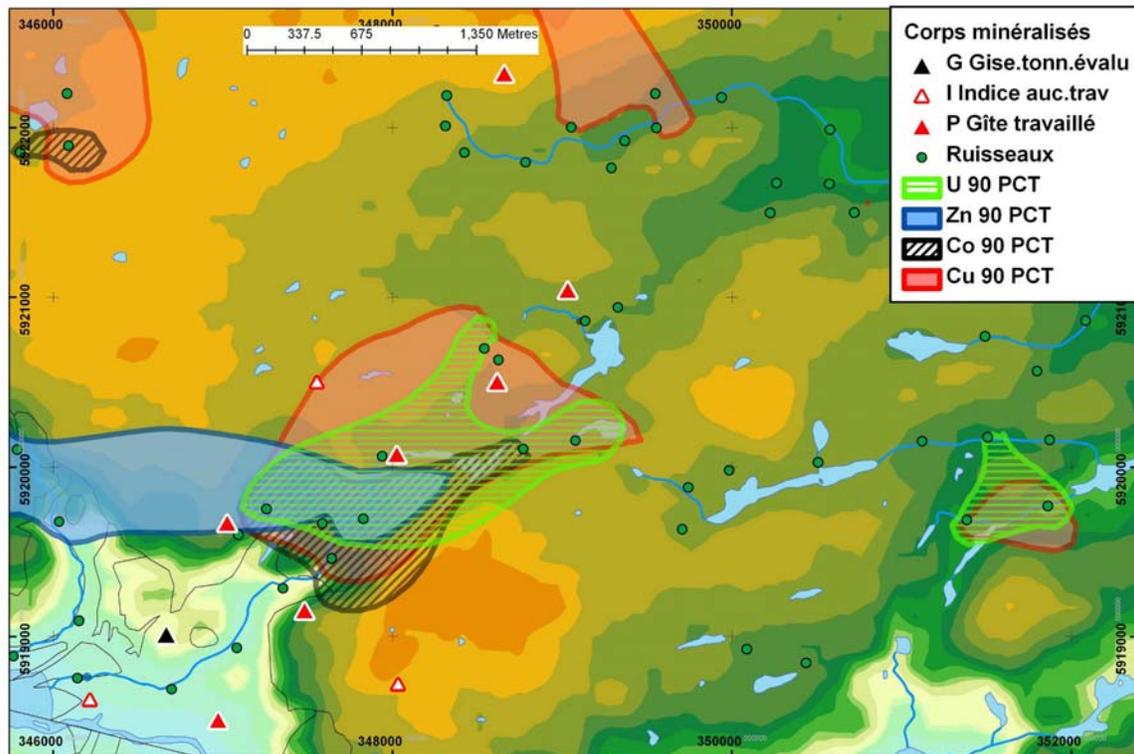


Figure 64. Contours des anomalies en cuivre, uranium, zinc et cobalt, secteur nord-est du lac Menarik. Les contours correspondent au 90e centile d'une interpolation par voisins naturels.

5.7.2 Signature dans les sédiments de lacs

Aucune anomalie n'est présente dans les lacs du secteur. Il faut toutefois noter que les lacs échantillonnés sont éloignés des gîtes (plus de 1,5 km; les lacs près des gîtes n'ont pas été échantillonnés).

5.8 Complexe ultramafique du lac Menarik

Ce secteur est caractérisé par la présence d'un complexe ultramafique-mafique kilométrique (**Figure 65**; **Figure 66**). Ce complexe comprend un gisement défini de chrome-palladium-platine et plusieurs gîtes du même genre. Des minéralisations sulfurées à Ni-Cu-Pt-Pd sont également notées. Des minéralisations de Ni-Cu-Co et Zn-Cu-Ni-Au-Pd-Pt sont présentes dans les roches volcaniques immédiatement au nord-ouest du complexe.

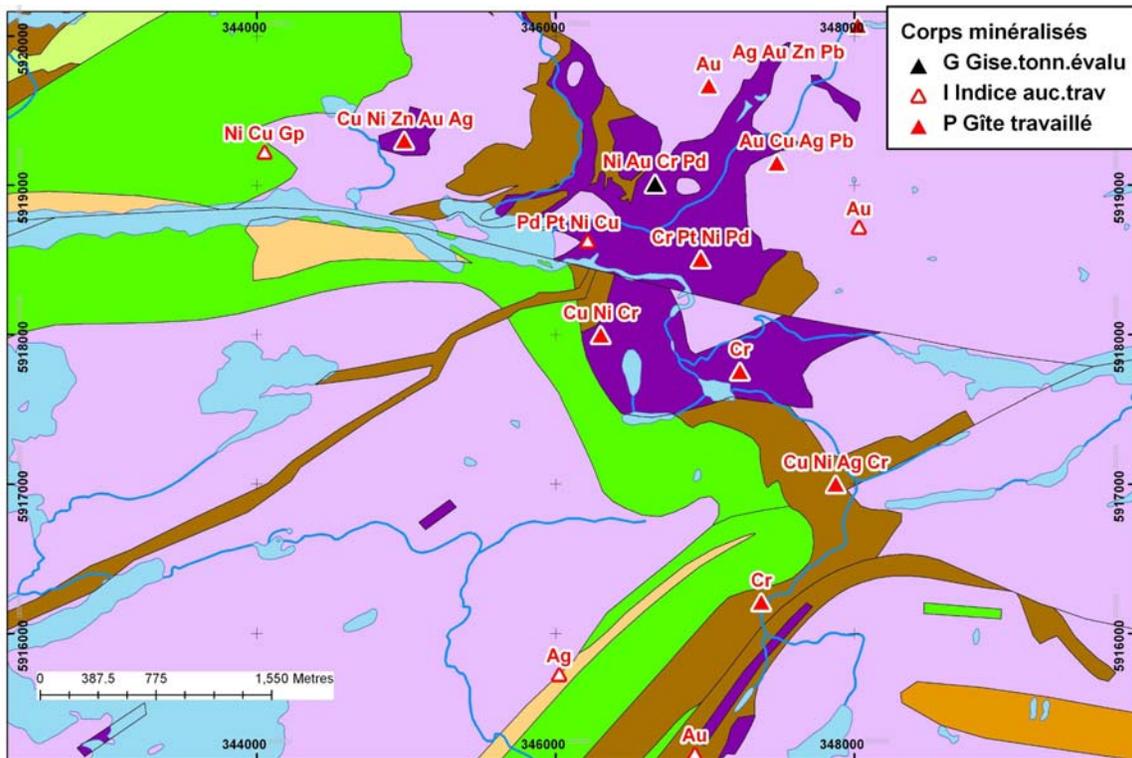


Figure 65. Géologie et minéralisations (substances), secteur du complexe ultramafique du lac Menarik.

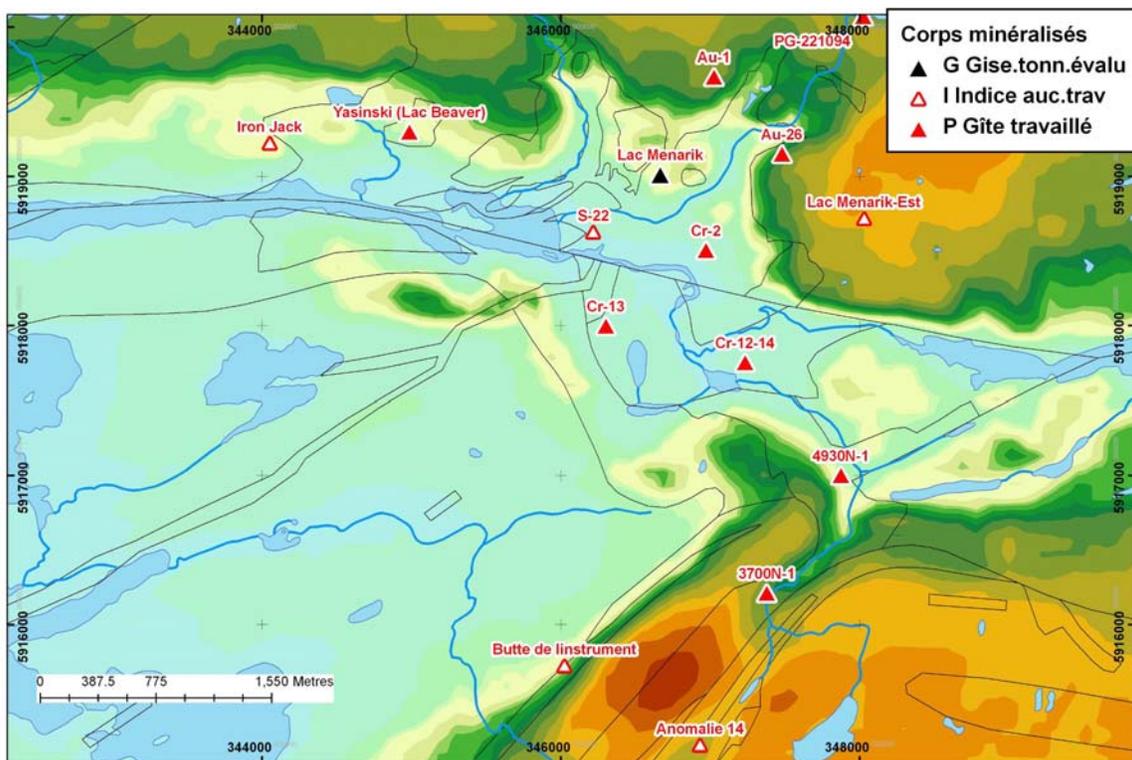


Figure 66. Topographie et minéralisations (noms), secteur du complexe ultramafique du lac Menarik.

5.8.1 Signature dans les sédiments de ruisseaux

Le complexe ultramafique et ses minéralisations chromifères n'ont aucune signature évidente dans les sédiments de ruisseaux. En particulier, le chrome ne montre pas d'anomalies (**Figure 67**). Cette absence d'anomalies en chrome s'explique par le fait que la chromite n'est pas soluble par le mélange d'acides aqua-regia utilisé pour réaliser les dissolutions des échantillons.

Plusieurs anomalies en nickel sont présentes au nord du gîte 4930-N1 (**Figure 68**). Ces anomalies sont vraisemblablement dues à cette minéralisation en Ni-Cu-EGP. D'autres anomalies en Ni-Zn±Cu±Co se trouvent à proximité des gîtes « Iron Jack » et Lac Yasinski et s'expliquent par la présence de ces minéralisations.

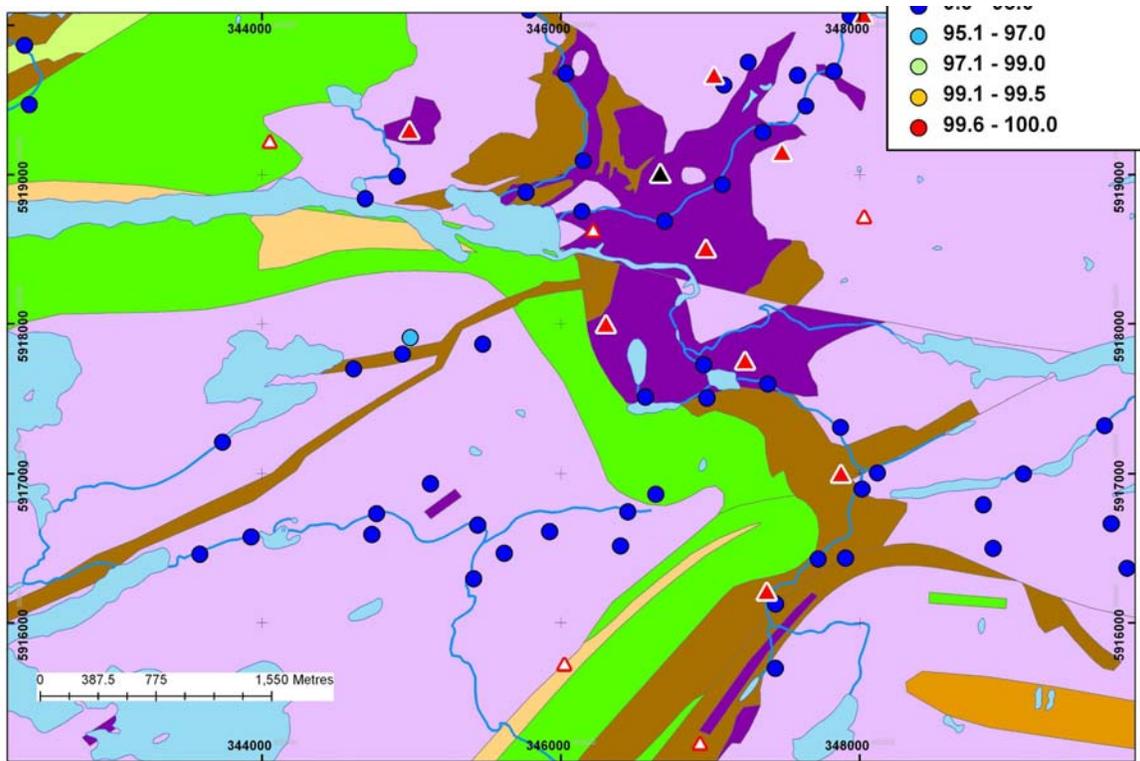


Figure 67. Chrome dans les sédiments de ruisseaux, secteur du complexe ultramafique du lac Menarik.

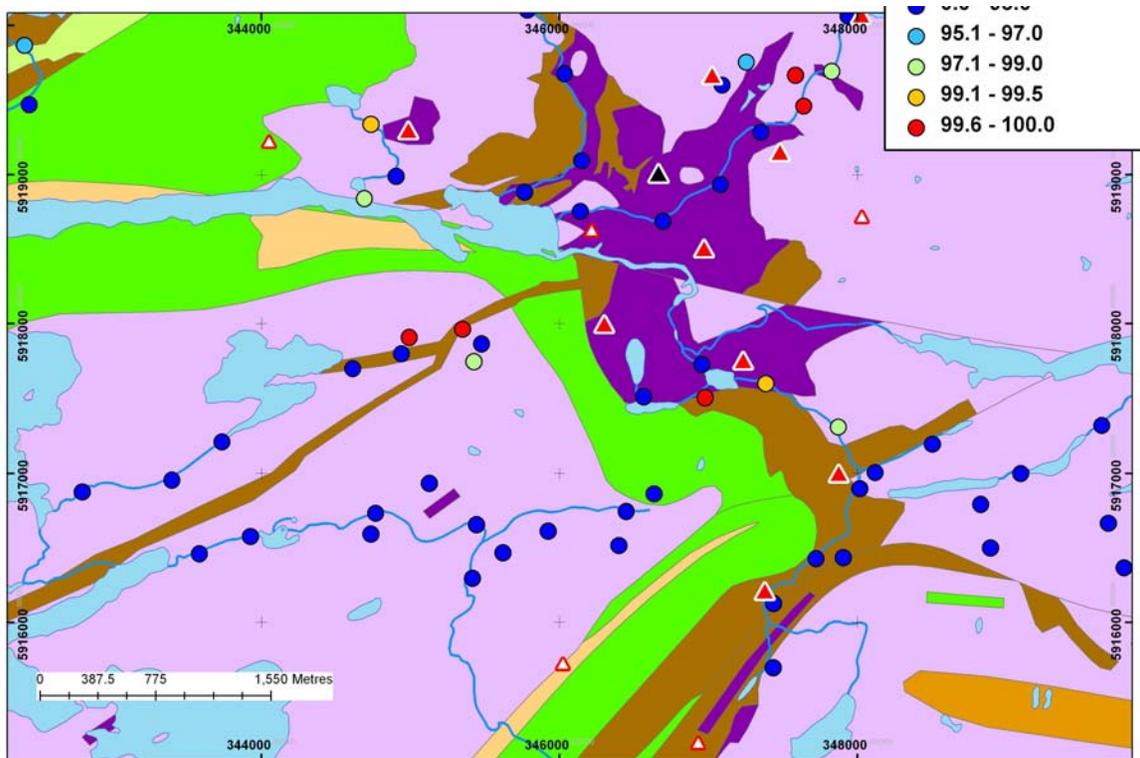


Figure 68. Nickel dans les sédiments de ruisseaux, secteur du complexe ultramafique du lac Menarik.

5.8.2 Signature dans les sédiments de lacs

Aucun lac du complexe ultramafique n'a été échantillonné. La signature dans les lacs ne peut donc pas être étudiée.

5.9 Synthèse de études de cas

Le **Tableau 3** synthétise les principales conclusions des études de cas pour les différents secteurs.

5.9.1 Minéralisations cuprifères

Ruisseaux, valeurs brutes

Dans l'ensemble, la géochimie des sédiments de ruisseaux est très efficace pour les minéralisations de métaux de base (secteurs Sommet, Tyrone, NE Menarik). Les halos d'anomalies créées par les minéralisations sont étendus et visibles sur de nombreux échantillons. Pour le cuivre, la distance de dispersion a pu être évaluée à environ 2 km dans le cas des gîtes Sommet.

Ruisseaux, résiduelles

Contrairement à d'autres cas étudiés dans des projets antérieurs du CONSOREM, l'utilisation de la régression spatiale dans le cas actuel ne semble pas offrir une meilleure détection des minéralisations de la région. Les minéralisations qui sont clairement détectées dans les sédiments de ruisseaux le restent par régression spatiale et celles qui ne le sont pas ne le sont pas non plus par cette méthode. Ceci indique probablement que les signaux des anomalies géochimiques dans les ruisseaux du secteur sont clairs par rapport au bruit de fond causé par l'environnement secondaire.

Lacs

Les minéralisations du secteur Sommet et Tyrone donnent également des réponses très claires dans les sédiments de lacs, qui se retrouvent sur plusieurs échantillons également. L'échantillonnage des lacs du secteur nord-est Menarik est insuffisant pour porter un jugement.

L'exception est probablement le secteur des minéralisations du lac Guyer. En effet, un seul des gîtes du secteur répond de façon claire dans les sédiments de ruisseaux et de lacs. Cependant, ces minéralisations ne semblent pas de grande envergure (nombreux indices et peu de gîtes travaillés).

5.9.2 Minéralisations essentiellement aurifères

Ruisseaux

Les minéralisations aurifères de La Grande Sud (**Figure 69** et **70**) donnent une réponse très claire dans les sédiments de ruisseaux mais d'étendue relativement limitée. L'assemblage est très distinctif et caractérisé par les éléments Pb-B-Pt-Sb-Au-Bi-Cd±Hg±As. Dans le cas du secteur Orfée (**Figure 71**), un ruisseau montre des anomalies intéressantes au nord (W-V-Co-Mo-Te-Fe-Mn±Ba±Bi). Un autre ruisseau au sud-est des minéralisations (800 m) montre un assemblage W-Ag±Sr±As±Pt±Mo. Ces anomalies sont également assez caractéristiques de

minéralisations aurifères, quoiqu'elles ne contiennent pas d'or et assez peu d'arsenic. Dans les deux cas, les dispersions semblent assez limitées. Les échantillons en aval de la formation de fer aurifère du lac Chiskamish n'ont pas d'analyses en arsenic ni or.

Ceci suggère qu'un échantillonnage assez serré est nécessaire pour détecter efficacement des minéralisations aurifères par les sédiments de ruisseaux à la Baie James. Dans le cas de La Grande Sud par exemple, la minéralisation n'est visible clairement que sur trois échantillons de ruisseaux. D'autres échantillons tout aussi près des minéralisations ne montrent pas d'anomalies. C'est également le cas pour Orfée.

L'assemblage métallique caractéristique comprend une série de métaux traces qui ne sont pas disponibles dans les analyses plus anciennes mais qui sont maintenant analysées par ICP (W, Sb, Hg, B, Pt, etc.). Ceci souligne particulièrement l'importance de ces analyses et également de considérer ces éléments lors du suivi des campagnes.

Lacs

Un lac près des minéralisations de La Grande Sud montre une forte anomalie en arsenic. Deux autres lacs à proximité sont anormaux en or. Cependant d'autres lacs du même secteur tout aussi près des gîtes ne montrent pas d'anomalies. Certains lacs du secteur réanalysés par ICP montrent des anomalies Au-B-Pt, qui s'apparente beaucoup aux anomalies présentes dans les ruisseaux.

Une anomalie très nette en arsenic est également observée dans le lac Chiskamish à proximité des minéralisations. Dans le cas d'Orfée, aucune anomalie claire n'est visible. Toutefois, les lacs échantillonnés à Orfée ne sont pas très près de la minéralisation. Notons toutefois que l'absence d'analyses par ICP systématiques pour l'ensemble de la région limite grandement la signature possible.

La géochimie des sédiments de lacs semble donc en principe efficace pour détecter les minéralisations aurifères de ce secteur. Cependant, comme pour les ruisseaux, un échantillonnage assez serré des lacs est nécessaire. À l'échelle des levés régionaux, la présence d'un seul échantillon anormal en or ou arsenic dans un lac semble suffisante pour mériter un suivi.

Comparaison lacs et ruisseaux

Il est intéressant de constater que l'arsenic ne semble pas le meilleur traceur dans les sédiments de ruisseaux pour ces minéralisations aurifères. Pourtant, plusieurs de ces minéralisations contiennent beaucoup d'arsenic. Les sédiments de lacs semblent en fait répondre mieux que les ruisseaux pour l'arsenic.

Une explication possible de cette différence provient du comportement géochimique de l'arsenic. L'arsenic est un élément très mobile qui a des affinités très nettes avec la matière organique et avec les oxydes de fer. L'arsenic tend naturellement à se concentrer dans les sédiments organiques et fins des lacs plutôt que dans les ruisseaux.

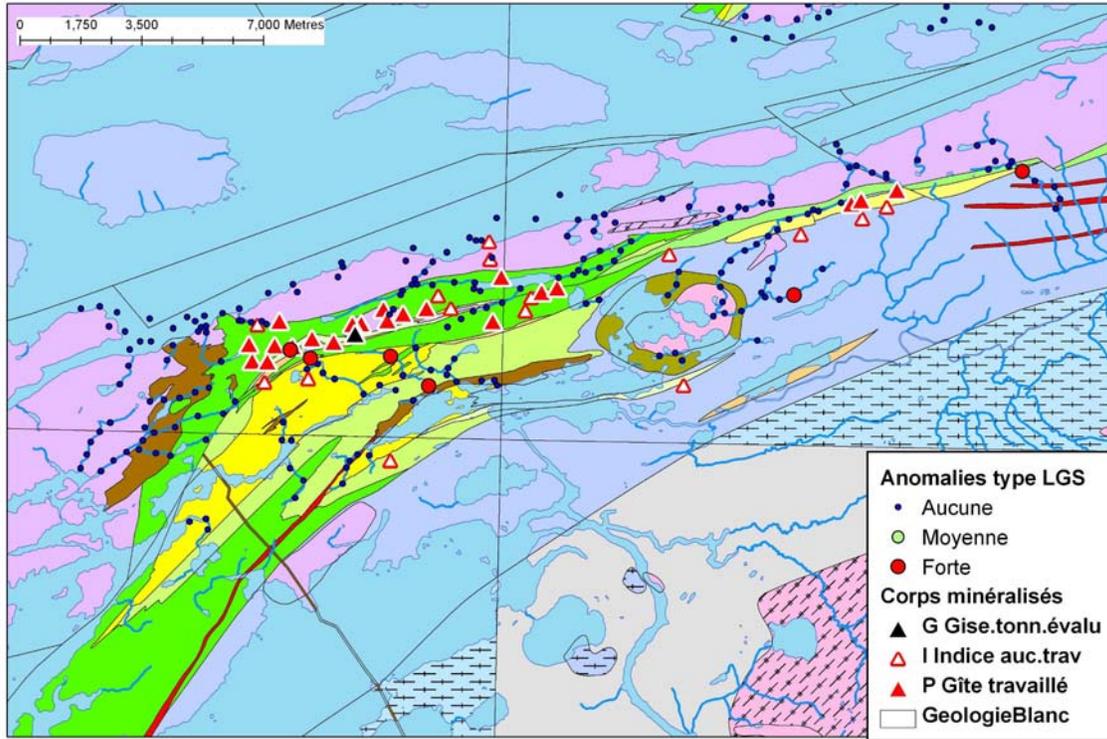


Figure 69. Anomalies de type "La Grande Sud", secteur La Grande Sud.

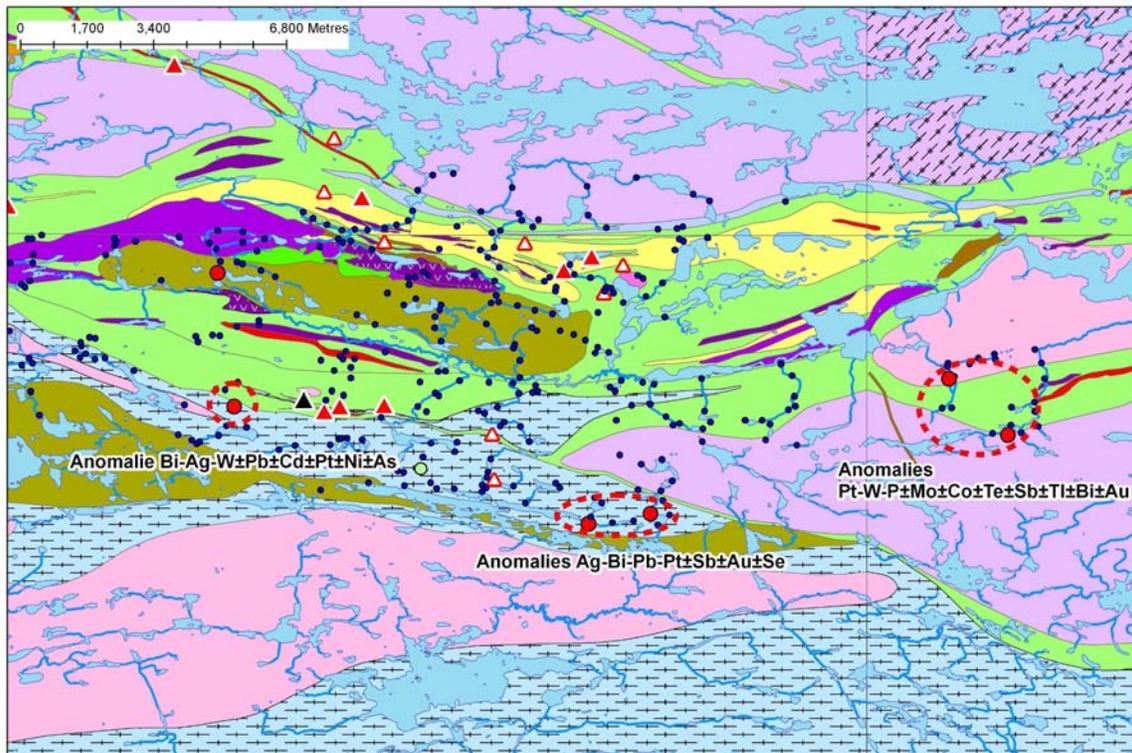


Figure 70. Anomalies de type "La Grande Sud", secteur Orfée.

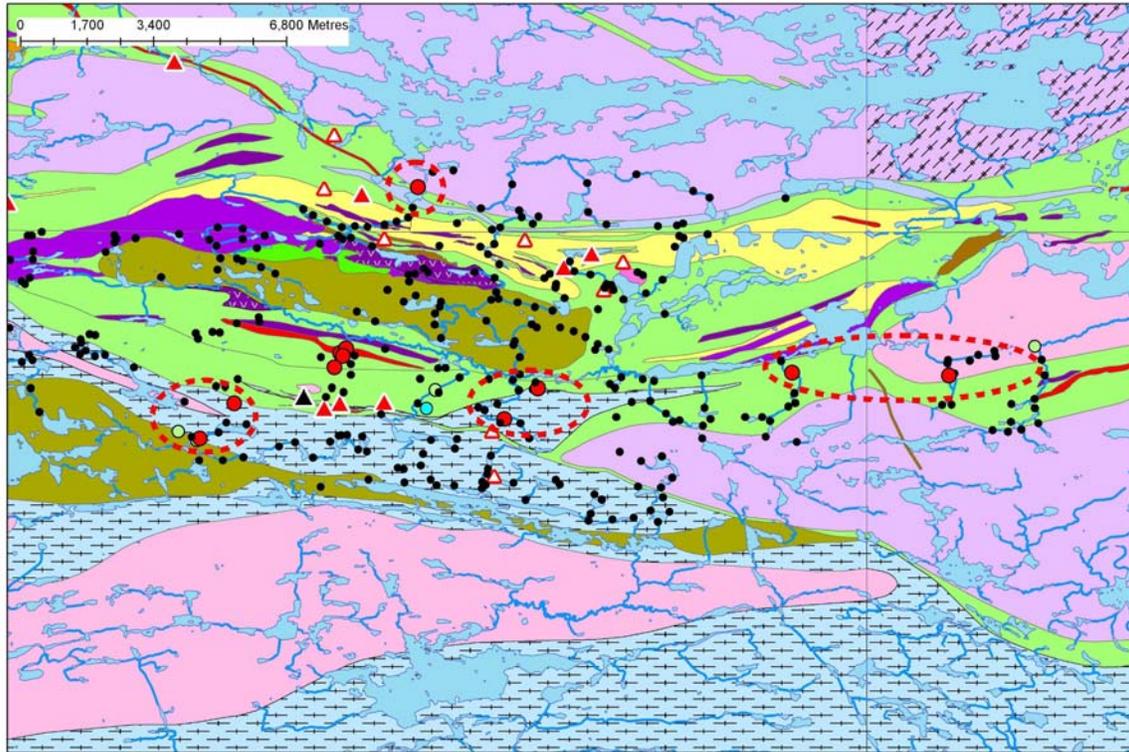


Figure 71. Anomalies de type "Orfée", secteur Orfé.

5.9.3 Minéralisations uranifères

La géochimie des sédiments de ruisseaux et de lacs semble très efficace pour détecter les minéralisations du secteur. En effet, les anomalies associées aux gîtes Pamor et Maro sont visibles sur plusieurs échantillons de lacs et de ruisseaux. La dispersion de l'uranium à partir de ces gîtes est de l'ordre de 1 à 2 km.

Tableau 3. Synthèse de la signature des principaux secteurs minéralisés dans les sédiments de lacs et de ruisseaux

| Secteur | Sous-secteur | Anomalies ruisseaux | Efficacité ruisseaux | Anomalie lacs | Efficacité lacs |
|---|--------------|---|----------------------|--|-----------------|
| Sommets Ag-Cu-Co-Ni-As-Pt-Pd-Ba volcanites mafiques (type « Cinq-éléments ») | n/a | Cu- Se±Ag±Co±Ba±Te±Zn±Ba±Mo Dispersion jusqu'à 2 km (Cu) | Très efficace | Cu±Zn±As±Mo±Co | Très efficace |
| Tyrone 1-6, Chiskamish Cu-Au-Ag, Au-Ag (±As±Mo±Zn) volcanites mafiques | Tyrone 1-6 | Mo-Cu±Co±Zn (très large halo) | Très efficace | Cu-Mo±Zn±Co±Ni | Très efficace |
| Tyrone 1-6, Chiskamish Au-As-Cu formation de fer | Chiskamish | <i>Pas d'analyses Au ou As dans les ruisseaux en aval</i> | N/A | As | Très efficace |
| Orfée Au-As formation de fer | | W-V-Co-Mo-Te-Fe-Mn±Ba±Bi, 1.5 km au nord, W- Ag±Sr±As±Pt±Mo 0.8 km au sud-est | Moyennement efficace | Aucune | Non efficace |
| Lac Guyer Cu, Au-Cu, Zn-Cu et Au Volcanites mafiques | | Cu-Co-Zn pour un gîte mais rien pour 9 autres (mx marginales?) | Peu efficace | ±Zn±Cu | Peu efficace |
| La Grande Sud Au-Cu porphyrique | | Pb-B-Pt-Sb-Au-Bi-Cd±Hg±As Dispersion < 1 km | Efficace | As-Au (A.N.trois lacs), Au-B-Pt | Efficace |
| Pamor et Maro U dans socle, près protérozoïque | | U-Ba Dispersion 1-2 km | Très efficace | U-As | Très efficace |
| Nord-est du lac Menarik Au-Ag-Cu-Pb-Zn-As Contacts tonalites-gabbros | | Cu-Co-Zn-U-Ag-Ni | Très efficace | Pas de lacs analysés à moins de 1,8 km | N/A |
| Complexe ultramafique lac Menarik Chromitites | Gîtes Cr | Aucune | Non efficace | Pas de lacs analysés dans complexe | N/A |
| Complexe ultramafique lac Menarik Ni±Cu±EGP sulfures | Gîtes Ni | Ni | Très efficace | Pas de lacs analysés dans complexe | N/A |

6 INDICES COMPOSITES ET CIBLES D'EXPLORATION

À partir des statistiques et études de cas réalisées dans les sections 4 et 5, on peut élaborer des indices composés de plusieurs éléments qui permettent de cibler différents types de minéralisations. Dans tous les cas, les calculs sont effectués sur les centiles des différents éléments. Pour rehausser les anomalies formées de plusieurs échantillons dans les ruisseaux, on a également utilisé les calculs de statistique U pour chaque élément. Dans les formules, le suffixe « StatU » indique le centile par la statistique U alors que l'absence de suffixe indique un centile sur la valeur brute.

- Indice filons Cuivre-Argent (type Sommet)
 - Ruisseaux AA : $(2 \cdot \text{Cu} + 2 \cdot \text{Cu_StatU} + \text{Sn} + \text{Sn_StatU} + \text{Zn} + \text{Zn_StatU} + \text{U} + \text{U_StatU} + \text{Ba} + \text{Ba_StatU}) / 12$
 - Lacs AA : $(\text{Cu} + 0,5 \cdot \text{Zn} + 0,5 \cdot \text{As} + 0,5 \cdot \text{Mo} + 0,5 \cdot \text{Co} + 0,5 \cdot \text{Ni}) / 3$
- Indice Au par activation neutronique
 - Ruisseaux AN : $(2 \cdot \text{W_StatU} + \text{W} + \text{Sb} + \text{Au} + \text{As}) / 6$
- Indice aurifère type La Grande Sud
 - Ruisseaux ICP : $(\text{Pb} + \text{Pb_StatU} + \text{B} + \text{B_StatU} + \text{Pt} + \text{Pt_StatU} + \text{Sb} + \text{Sb_StatU} + \text{Au} + \text{Au_StatU} + \text{Bi} + \text{Bi_StatU} + \text{Cd} + \text{Cd_StatU} + 0,5 \cdot \text{Hg} + 0,5 \cdot \text{Hg_StatU} + 0,5 \cdot \text{As} + 0,5 \cdot \text{As_StatU}) / 16$
- Indice aurifère type Orfée
 - Ruisseaux ICP : $(\text{W} + \text{Co} + \text{Mo} + \text{Te} + 0,5 \cdot \text{Ag} + 0,5 \cdot \text{Ba} + \text{W_StatU} + \text{Co_StatU} + \text{Mo_StatU} + \text{Te_StatU} + 0,5 \cdot \text{Ag_StatU} + 0,5 \cdot \text{Ba_StatU}) / 10$
- Indice uranium protérozoïque
 - Ruisseaux AA : $(\text{U} + 0,5 \cdot \text{Ba} + \text{U_StatU} + 0,5 \cdot \text{Ba_StatU}) / 3$
 - Lacs AA : $(\text{U} + \text{As}) / 2$

Dans chaque cas, on a extrait des anomalies correspondant au 99,5^e centile des valeurs extraites pour les indices calculés sur AA et au 97^e centile pour ceux calculés sur ICP ou AN. Les résultats sont livrés avec le projet.

7 CONCLUSION

La géochimie des sédiments de ruisseaux s'avère une méthode efficace pour l'exploration dans le secteur de La Grande. Les minéralisations significatives de la région montrent des signatures d'anomalies cohérentes avec le bagage métallique attendu des minéralisations.

Les minéralisations de Cu et U du protérozoïques ainsi que les minéralisations Cu-Au et Au volcanogènes archéennes montrent de larges halos d'anomalies en plusieurs éléments. L'utilisation de la méthode de la statistique U permet de rehausser dans plusieurs cas les anomalies associées aux minéralisations en donnant un poids supplémentaires aux groupements d'anomalies.

Dans le cas des minéralisations aurifères des secteurs Orfée et La Grande Sud, les signatures sont moins étendues dans l'espace mais très caractéristiques. Les éléments les plus utiles pour tracer ces minéralisations sont W, Bi, Sb, Pb, Pt, B, Au et parfois As. L'arsenic, contrairement aux attentes initiales, ne semble pas être un traceur efficace dans ce contexte pour les ruisseaux. L'arsenic semble toutefois beaucoup plus efficace dans les lacs.

8 REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier Michel Gauthier, professeur à l'UQAM, pour l'aide apportée dans la compréhension des différents types de gîtes de la région de La Grande et pour la mise en contexte historique de l'exploration dans la région.

9 REFERENCES

- Aitchison, J., 1984. The statistical analysis of geochemical compositions: *Mathematical Geology* 16, p. 531–564
- Beaumier, M. et Leduc, M., 2005. Nouvelles analyses géochimiques de sédiments sur la Côte-Nord et à la Baie-James. *Géologie Québec*, Document PRO-2005-03.
- Bonham-Carter, G.F., 1994. *Geographic information systems for geoscientists*. 1ere édition. Pergamon Press.
- Boucher, R., 1999. Dispersion glaciaire dans le bassin de la rivière La Grande; Baie-James, Québec. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal.
- Cheng, Q., 1999. Spatial and scaling modelling for geochemical anomaly separation. *Journal of Geochemical Exploration*, 65: 175-194.
- Cockburn, G.H., 1977. Atlas géochimique des sédiments de ruisseaux : La Grande Rivière. Ministère de l'énergie et des ressources du Québec, Document DPV-455.
- Fotheringham, A.S., Brundson, C. et Charlton, M., 2002. *Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships*. Édité par John Wiley & sons, Ltd. 282 p.
- Gleeson, C.F., 1975. Geochemical report on a lake sediment survey of La Grande Riviere-Sakami Lake area, avril 1975. SDBJ. Document GM 34045.
- Gauthier, M., 2000. Styles et répartition des gîtes métallifères du territoire de la Baie-James (Québec). *Chronique de la recherche minière*, 539 : 17-61.
- Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M-C., David, J. et Parent, M., 2000. Géologie de la région des lacs Guillaumat et Sakami (33F02 et 33F07). MRNF, RG 99-15, 41 pages.
- Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M., Mercier-Langevin, P., Davis, D.W., 2001a. Géologie de la Colline Masson (33F/09), De la Passe Awapakamich (33F/10), de la Baie Carbillet (33F/15), et de la Passe Pikwahipanan (33F/16). *Géologie Québec*, Document RG-2000-10.
- Goutier, J., Dion, C., Ouellet, M. 2001b. Géologie de la Bézier (33G/12) et du lac de la montagne du Pi (33G/13). *Géologie Québec*, Document RG-2001-13.
- Mercier-Langevin, P., 2000. Les minéralisations aurifères au sein de la tonalite de La Grande-Sud, Baie-James, Québec. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi.
- Roger, G. et Boucher, R., 1997. Rapport sur les travaux d'exploration, propriété La Grande Nord. Mines et Exploration Noranda Inc. Document GM-55906.
- Tarkian, M. et Stribny, B., 1999. Platinum-group elements in porphyry copper deposits : a reconnaissance study. *Mineralogy and Petrology*. Vol 65 : 161-183.
- Trépanier, S., 2005. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs. Rapport projet CONSOREM 2004-09.
- Trépanier, S., 2006. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs, phase 2. Rapport projet CONSOREM 2005-03.