

2010-07 : Détection de gisements sous couverture glaciaire par la méthode MMI : synthèse, études de cas, perspectives

Le MMI est une méthode propriétaire entrant dans la catégorie des SWE (Selective and Weak Extractions) et qui ciblent la phase métallique exogène du milieu échantillonné, transportée depuis la source sous forme dissoute dans le système phréatique (hydromorphisme). L'exportation de la méthode MMI de l'Australie aux contextes canadiens se confronte à deux problèmes critiques : 1. La possibilité d'accumuler dans le sol des concentrations métalliques détectables depuis la dernière

déglaciation; 2. L'inconstance typique des profils pédogénétiques en milieu boréal. Une attention particulière a été portée dans cette étude sur les deux points suivants : 1. Les anomalies de pH dans les sols et les modifications en chaîne qui en découlent; 2. L'impact d'une forte variabilité du niveau pédogénétique échantillonné sur les résultats obtenus, autrement dit l'influence de la composition du sol (phases minérales, métaux) sur les teneurs MMI.

L'accumulation de concentrations en ions H^+ dans les sols situés à l'aplomb de gisements sulfurés constitue en soi un outil d'exploration. Le SMV de Cross Lake en Ontario, situé sous 30 mètres de sédiments glaciaires fluvio-lacustres, en est un exemple. On y observe des redistributions majeures visibles en différents éléments du sol sensibles aux variations pH-Eh formant des anomalies métalliques dites *indirectes* générées par une redistribution locale des éléments dans le sol.

Une analyse quantitative des corrélations entre les teneurs métalliques obtenues par MMI et par la méthode conventionnelle Aqua Regia (AqR) a été conduite sur 814 échantillons répartis sur 8 traverses dans les districts de Timmins et Kirkland Lake (MRD 200). La comparaison des profils de teneurs MMI et AqR, ainsi que les diagrammes binaires teneur MMI vs teneur AqR, fait apparaître une corrélation positive très marquée en ce qui concerne les métaux de base Cu, Ni, Zn et les métaux précieux Au, Ag. Ces corrélations se manifestent aussi très clairement sur l'analyse en composantes principales (CP). Pour les métaux de base, le premier facteur de l'analyse CP ($\approx 50\%$ de la variabilité) s'apparente au degré de pédogénèse (gain Al, Fe et perte Ca, Mg, K), implicitement à la nature du niveau pédogénétique échantillonné. Par ailleurs, les teneurs en métaux de base obtenues par AqR sont extrêmement bien corrélées avec l'indice d'argile ($\sum Al_{norm}, K_{norm}, Mg_{norm}$), ce qui implique qu'ils sont concentrés dans les phyllosilicates du sol et prouve leur nature endogène. **Il résulte de ces observations que la concentration en métaux endogènes exerce un contrôle dominant sur les teneurs MMI tant pour les métaux de base que pour les métaux précieux.**

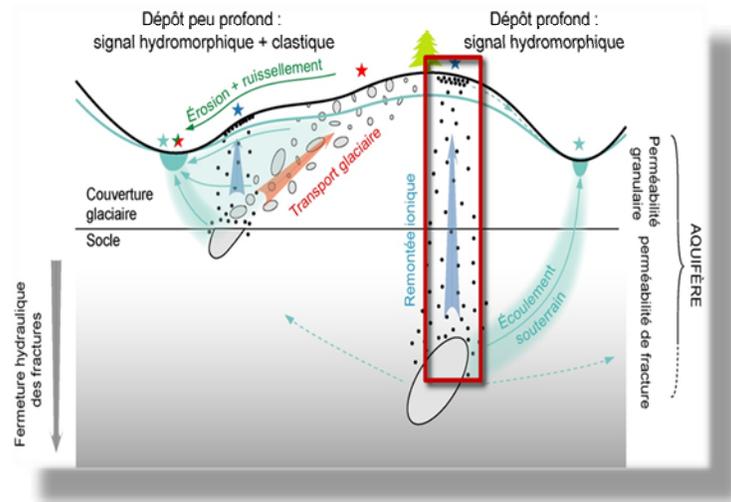


Illustration des différents processus de dispersion d'anomalie dans l'environnement secondaire.

Des contrôles secondaires différents pour chaque élément sont mis en évidence, impliquant essentiellement le pH et la présence en carbonates. Les analyses sur trois études de cas distinctes (Ontario, Col. Brit.) montrent des corrélations positives de Cu, Ni avec le pH, et négatives pour Pb, Zn. Par ailleurs, les teneurs MMI-Zn sont systématiquement et très significativement anticorrélées avec la teneur en carbonates de l'échantillon, ce qui semble être la manifestation du protocole analytique MMI-A dont l'extraction acide est neutralisée par la présence de carbonates (protocole modifié en 2008).

La distinction d'un signal exogène dans les relevés MMI requiert donc un traitement afin de s'affranchir des contrôles dits externes (c.-à-d., non directement liés à la minéralisation sous-jacente). L'influence des teneurs métalliques endogènes peut être traitée par une simple normalisation linéaire MMI-X / AqR-X. En revanche, le caractère non-linéaire et non-universel des relations entre les teneurs MMI et le pH ou les carbonates, impose de recourir à une régression multivariée. Il est recommandé ici de traiter simultanément tous les contrôles externes au sein d'une même régression multivariée, faisant intervenir les variables indépendantes suivantes : AqR-Al et -K (phyllosilicates), AqR-Ca et -Mg (carbonates), AqR-X (métaux endogènes), pH et/ou MMI-Ca et -Mg. Ce type de traitement a été réalisé sur deux relevés témoins effectués à l'aplomb de gisements connus : le SMV zincifère de Cross Lake, et le porphyre cuprifère de Mt Mulligan (Col. Brit.). On démontre dans le cas de Cross Lake que l'anomalie apicale en MMI-Zn est parfaitement reproductible par une combinaison des variables suscitées. Il s'agit donc d'une anomalie purement indirecte. Seul H⁺ constitue ici une anomalie directe. Le traitement des signaux de Mt Mulligan fait ressortir deux anomalies MMI-Cu bien visibles à l'aplomb de zones minéralisées subaffleurantes, anomalies peu ou pas observables sur les signaux bruts.

La totalité des anomalies MMI-Au observées dont la source aurifère a pu être identifiée est située dans des contextes de gisement de surface avec sédiments glaciaires inexistants ou proximaux, ce qui atteste que les métaux échantillonnés sont de nature endogène (transport clastique, ou non transporté). **L'avantage de la méthode MMI par rapport aux méthodes conventionnelles pour l'exploration d'or n'est donc pas démontré dans les cas étudiés** (données MRD 200; gisements de Tommy vein, Larry vein et Ted vein, Col. Brit.).

Projet 2010-07 : Fiche sommaire	
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> Évaluer l'efficacité de la méthode MMI pour l'exploration minière au Canada.
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> Efficacité d'une importation de la méthode MMI au Canada est limitée par deux points critiques : <ul style="list-style-type: none"> Présence quasi-systématique d'une couverture transportée très récente. Variabilité des profils pédogénétiques et des conditions de drainage. Profondeur d'échantillonnage s'avère être la principale source de variabilité des signaux MMI : <ul style="list-style-type: none"> Remise en question du protocole d'échantillonnage « à profondeur fixe ». Traitement sur la composition du sol nécessaire pour distinguer le signal exogène. Concentrations métalliques endogènes (clastiques) exercent un contrôle de premier ordre sur les teneurs MMI. Métaux de base : des contrôles secondaires, non-linéaires et différents pour chaque métal, impliquent la teneur en carbonates et le pH. Métaux de base : proposition d'un protocole de traitement analytique par régression

Projet 2010-07 : Fiche sommaire

	<p>multivariée sur les variables pH et composition du sol (teneur en phyllosilicates, carbonates, concentration métallique endogène).</p> <ul style="list-style-type: none">• Métaux de base : des analyses par méthode conventionnelle (AqR) doivent être effectuées en parallèle aux relevés MMI pour effectuer le traitement analytique.• <u>Recommandation de mesurer en routine le pH</u>, (Eh, perte au feu, conductivité) du sol à des fins d'exploration directe et de traitement.• Au : l'avantage du MMI par rapport aux méthodes conventionnelles (AqR) n'est pas démontré dans les cas étudiés.
Innovations	<ul style="list-style-type: none">• Analyse détaillée de cas d'étude sur des résultats MMI et validation des approches.