

Projet 2017-05

HYDROGEOCHIMIE SOUTERRAINE APPLIQUEE A L'EXPLORATION MINERALE – PHASE 2

Par Silvain Rafini

La détection des empreintes secondaires dans l'eau souterraine constitue un bon outil d'exploration, notamment pour la recherche de nouvelles zones sur des propriétés disposant déjà d'une couverture de forages. Plus spécifiquement, cette méthode présente un intérêt majeur en exploration profonde et dans des régions à couverture transportée. Le projet fait suite à une première phase réalisée par le CONSOREM (projet 2016-05) qui avait pour objectif de donner un « go,no-go », autrement dit d'évaluer la pertinence de poursuivre davantage les expérimentations sur cette méthode. Ces résultats préliminaires étaient toutefois obtenus à partir d'un faible nombre d'échantillons, et le mode opératoire était encore largement en développement. Ceci justifiait clairement de poursuivre les investigations au moyen d'un levé plus substantiel, sur un autre secteur, à des profondeurs plus grandes.

Une deuxième phase d'échantillonnage dans le présent projet visait donc avant tout à poursuivre le développement de la méthode. Plus précisément, il était nécessaire de vérifier la robustesse des conclusions préliminaires dans un autre secteur et à plus forte profondeur, et de contraindre l'influence de certains paramètres hydrogéologiques, tels que le temps de résidence de l'eau. L'enjeu étant, entre autres, de vérifier si l'empreinte existe encore à forte profondeur, où le milieu devient moins oxydant, mais où les échanges eau/roche sont prolongés, et de documenter les fractionnements reliés tant au temps de contact (fractionnement vertical) qu'à la dispersion de l'empreinte (fractionnement horizontal). Par ailleurs, ce deuxième levé a permis de réaliser différents tests dans une optique de développement opératoire de la méthode, et d'établissement de protocoles adaptés aux conditions climatiques et géologiques du Nord québécois.

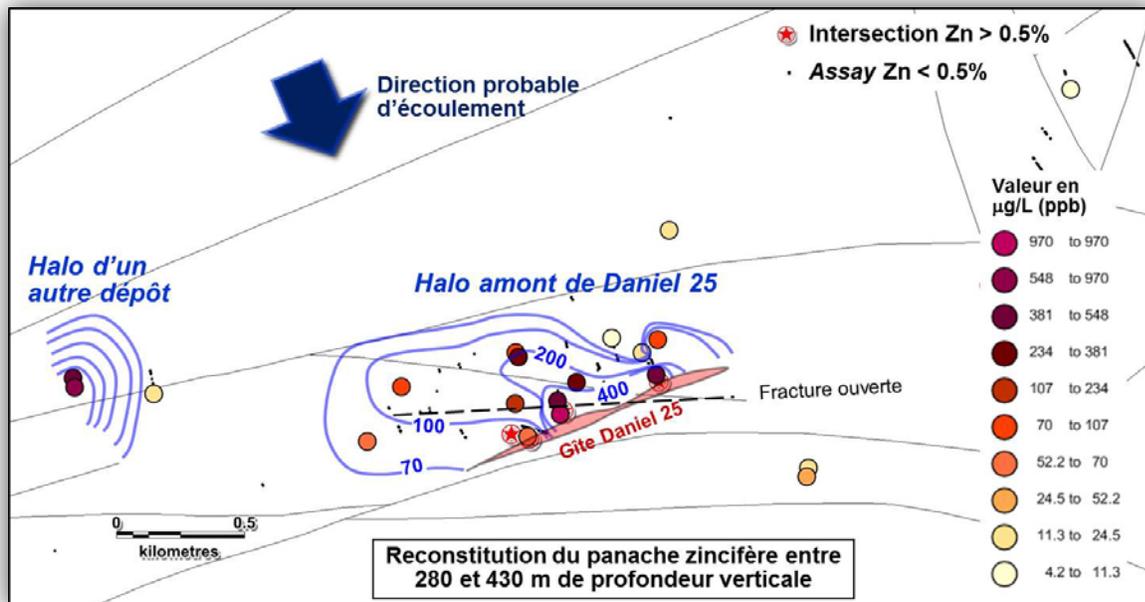
Le site du gîte Daniel 25, localisé dans le nord de l'Abitibi (camp de Matagami, Abitibi), a été retenu. Il s'agit d'une lentille de sulfure massif (SM) zincifère cuprifère stratiforme concordante, profonde, épaisse de 1 à 10 m et d'extension horizontale de l'ordre du kilomètre. Cette « feuille » est encaissée dans une zone de cisaillement

pentée en moyenne à 70° ; son extension verticale atteint 650 m et demeure ouverte en profondeur. Le gîte est recouvert d'une couverture sédimentaire épaisse de 60 à 100 m, composée de tills à matrice dominante sableuse à fine.

Un levé de 83 échantillons a été réalisé sur le gîte Daniel 25, dans 31 forages à des profondeurs variant entre la surface et 780 m de profondeur verticale, et localisé dans une zone de 5 x 1.5 km. La stratégie adoptée lors de cet échantillonnage a été : 1) d'établir un pôle géochimique robuste traduisant l'empreinte du SM en prenant plusieurs échantillons au contact et à proximité du SM ; 2) de renseigner au maximum l'influence de la profondeur sur la chimie de l'eau au contact du corps métallique et en contexte normal, c.-à-d., loin du sulfure massif, ceci dans le but de disposer d'un bon contrôle des niveaux de bases à toutes les profondeurs afin d'identifier de manière la plus robuste possible l'impact géochimique reliée au corps métallique sensu stricto ; 3) d'assurer le développement opératoire de la méthode (doublets de mode d'échantillonnage, extraction).

Dans cette optique expérimentale, le SM a été échantillonné abondamment à toutes les profondeurs, et 14 différents forages ont été échantillonnés à plusieurs profondeurs incluant 8 proximaux au corps métallique et 8 distaux. Enfin, une attention particulière a été portée sur la définition des niveaux de bases, ou régionaux, en bénéficiant de trois bases de données hydrogéochimiques régionales dans la Province de Supérieur, compilées à l'occasion des programmes d'acquisition des connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du ministère du développement durable, environnement et lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

Pour finir, 10 échantillons ont été consacrés aux tests de mode opératoires : doublets et triplets combinant l'échantillonnage passif (bailer), à faible débit (pompe péristaltique, pas de purge) et à fort débit (purge) ; 4 aux tests d'extraction ; 3 aux blancs de terrain. Les échantillons ont été analysés par ICP-MS à haute résolution.



Les résultats révèlent la présence d'un halo hydrogéochimique extrêmement enrichi en Zn détectable à toutes les profondeurs testées. Ce halo a une forme très anisotrope, reflet de l'anisotropie de la conductivité hydraulique du roc fracturé : la distance de dispersion horizontale est d'au moins 600 m vers l'ouest et de moins de 100 m vers le nord. Résultat particulièrement intéressant et inattendu : l'empreinte zincifère s'accroît en profondeur (facteur d'enrichissement de l'ordre de 500 à forte profondeur, et de l'ordre de 30 à faible profondeur). Ce comportement s'oppose à celui de Cu, dont l'enrichissement dans l'eau au contact du SM est plus marqué à faible profondeur. La mobilité de l'élément dans le milieu aqueux exerce donc un contrôle de premier ordre sur la persistance de l'empreinte en profondeur. Les autres éléments composant le panache sont : Co, Ni, Al, (Ce), ainsi qu'à faible profondeur, Zr, U, Y, (Mo) et à forte profondeur, Sb, V, as, (Sn). Ce bagage géochimique est sensiblement identique à celui observé dans la phase 1 sur le gîte Phelps Dodge 1, à l'exception des éléments Fe et SO₄ qui ne sont pas enrichis aux alentours de Daniel 25 en raison de la présence de corps de pyrite massive dans l'environnement des échantillons distaux utilisés comme

niveaux de base. Les tests expérimentaux démontrent que la méconnaissance de la profondeur du corps recherché, en contexte d'exploration (échantillonnage aveugle), n'est pas une limitation pour l'élément Zn puisque le halo est détecté aussi dans les échantillons prélevés dans des intervalles de profondeur éloignés de l'intervalle le plus proche du SM (forages proximaux). L'intérêt de la méthode pour l'exploration s'illustre remarquablement au travers des forages proximaux, n'interceptant le SM, et n'ayant aucune anomalie métallique à l'analyse de la carotte : l'analyse de l'eau dans ces forages détecte très clairement un panache zincifère, qui aurait permis de suspecter la proximité du SM en contexte d'exploration. Les tests de protocole opératoire confirment la supériorité du mode passif (bailer) devant les modes avec pompage.

Ce projet confirme une nouvelle méthode d'exploration ayant prouvé son efficacité dans le Bouclier canadien : 1) pour la reconnaissance de nouvelles zones à l'échelle d'une propriété; 2) pour augmenter la « portée » des forages d'exploration et 3) pour l'exploration profonde. Elle livre un savoir-faire novateur avec des protocoles d'échantillonnage testés, appropriés aux conditions de terrain dans le Nord québécois.

FICHE SOMMAIRE

Objectifs

- ◆ Raffiner et généraliser la méthode d'échantillonnage de l'eau souterraine à des fins d'exploration.
 - ◆ Établir les conditions optimales et généralisables des levés d'eau souterraine à des fins d'exploration.
-

Résultats

- ◆ Revue littéraire démontrant le fort potentiel de la méthode autant que l'absence de test expérimental en contexte d'exploration dans le Bouclier canadien avec couverture transportée.
 - ◆ Réalisation d'un levé expérimental sur le gîte zincifère de Daniel 25 (camp de Matagami, Abitibi) au mois d'octobre et de novembre 2017 : 83 échantillons d'eau souterraine extraite de forages d'exploration à différentes profondeurs et distances horizontales du sulfure massif ; analyse ICP-MS Haute Résolution.
 - ◆ Une empreinte proximale multiéléments est très clairement identifiée, dans laquelle un panel d'éléments traces, pour la plupart chalcophiles, sont enrichis.
 - ◆ L'enrichissement en Zn et en plusieurs éléments solubles (Co, Ni, Sb) s'accroît en profondeur.
 - ◆ La composition du panache hydrogéochimique révèle d'important fractionnement horizontal et vertical.
 - ◆ Le panache est très anisotrope et son extension atteint 600 m dans la direction de la fracturation, et est inférieur à 100 m dans la direction perpendiculaire (les échantillons sont situés en amont hydraulique du gîte).
 - ◆ Les tests de mode opératoire démontrent que le protocole passif (bailer) est supérieur aux protocoles pompage.
-

Innovations

- ◆ La géochimie des eaux souterraines est une nouvelle méthode d'exploration qui permet de délimiter un halo métallique émanant d'un corps minéralisé massif enfoui sous une épaisse couverture transportée.
 - ◆ L'efficacité de cette méthode pour l'exploration profonde est démontrée.
 - ◆ Des protocoles opératoires testés en contexte nordique québécois sont établis.
-

Produits livrés

- ◆ 4 présentations PowerPoint d'avancement du projet et de sa livraison
 - ◆ 1 rapport technique (en cours)
-