

**MINES AGNICO-EAGLE – PROPRIÉTÉ AKASABA OUEST  
PROJET D'EXPLOITATION D'UNE MINE À CIEL OUVERT  
SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES**



**Rémis à :**

**Mines Agnico-Eagle Ltée  
10 200, route de Preissac  
Rouyn-Noranda, QC, Canada  
J0Y 1C0**

**Préparé par :**

**Richelieu Hydrogéologie Inc.  
219, 15<sup>ème</sup> avenue, Richelieu (Québec)  
J3L 3V7**

**Octobre 2016**

Richelieu, le 31 octobre 2016

Mines Agnico-Eagle Ltée  
10 200, route de Preissac  
Rouyn-Noranda, QC, Canada  
J0Y 1C0

À l'attention de Mme Josée Brazeau, Coordonnatrice en environnement

**Objet :           Projet Akasaba Ouest à Val-d'Or**  
**Suivi de la qualité des eaux souterraines**

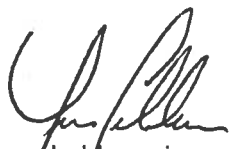
Madame,

J'ai le plaisir de vous transmettre un rapport de suivi de la qualité des eaux souterraines réalisé dans le cadre du projet Akasaba Ouest, situé à Val-d'Or (Québec). L'objectif du mandat est de dresser le portrait de la qualité des eaux souterraines de la propriété afin de bien connaître les teneurs de base du site avant la construction de la mine projetée.

Le document ci-joint décrit sommairement la méthodologie employée, les résultats obtenus et leur interprétation.

Si vous désirez obtenir des explications ou des informations supplémentaires, n'hésitez pas à me contacter.

Veillez agréer, madame Brazeau, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

  
Yves Leblanc, ing. géo.  
M.Sc. Hydrogéologue

**MINES AGNICO-EAGLE – PROPRIÉTÉ AKASABA OUEST  
PROJET D'EXPLOITATION D'UNE MINE À CIEL OUVERT  
SUIVI DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES**



**Remis à :**

**Mines Agnico-Eagle Ltée  
10 200, route de Preissac  
Rouyn-Noranda, QC, Canada  
J0Y 1C0**

**Préparé par :**

**Richelieu Hydrogéologie Inc.  
219, 15<sup>ième</sup> avenue, Richelieu (Québec)  
J3L 3V7**

**Octobre 2016**

## TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux .....	i
Liste des figures .....	i
Liste des annexes .....	i
1. Introduction .....	1
1.1 Mandat .....	1
1.2 Mise en situation .....	1
3. Description des travaux d'échantillonnage .....	2
3.1 Calendrier d'échantillonnage .....	2
3.2 Méthodologie d'échantillonnage d'eau souterraine .....	2
3.3 Puits échantillonnés .....	3
3.4 Programme analytique .....	4
3.5 Laboratoire d'analyses .....	5
3.6 Contrôle de qualité .....	5
4. Résultats .....	6
4.1 Validation des analyses effectuées en laboratoire .....	6
4.2 Types d'eau rencontrés .....	8
4.3 Commentaires généraux sur les résultats .....	12
4.4 Teneur de fond locale .....	13
5. Conclusions et recommandations .....	15

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Calendrier de réalisation des travaux .....	2
Tableau 2 : Puits échantillonnés lors des campagnes d'échantillonnage .....	3
Tableau 3: Substances analysées en laboratoire .....	4

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des puits et piézomètres soumis aux échantillonnages

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Figures

Annexe 2 : Fichiers électroniques

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Mandat

Dans le cadre du projet d'exploitation d'une mine à ciel ouvert au site de la propriété Akasaba Ouest située à Val-d'Or (Québec), les services de *Richelieu Hydrogéologie Inc.*, ont été retenus par *Mines Agnico-Eagle* afin de faire le suivi de la qualité des eaux souterraines.

Les objectifs du présent rapport de suivi sont les suivants :

- Décrire les campagnes d'échantillonnages réalisées à ce jour;
- Présenter les résultats obtenus ;
- Faire le contrôle de la qualité des résultats et en faire l'interprétation ;
- Proposer des modifications au programme, le cas échéant.

Ce document présente l'état de la situation en date d'octobre 2016.

### 1.2 Mise en situation

La propriété Akasaba Ouest, dont *Mines Agnico-Eagle* est propriétaire à 100 %, est un gisement d'or-cuivre acquis auprès d'*Alexandria Minerals* en janvier 2014. Le projet est situé à moins de 30 kilomètres à l'est-sud-est de la mine Goldex, ce qui pourrait offrir une flexibilité grâce à l'utilisation de la capacité supplémentaire du concentrateur Goldex.

En 2014, *Mines Agnico-Eagle* a débuté un programme de forage de 10 000 mètres, avec l'objectif de vérifier la minéralisation connue et de faire avancer le projet aux études de faisabilité et à l'obtention des permis. Le projet, s'il est mené à terme, prévoit l'exploitation d'une fosse à ciel ouvert, la mise en place d'aires d'accumulation de rejets miniers et la construction des infrastructures nécessaires à l'exploitation du gisement.

*Mines Agnico-Eagle* a déposé les études environnementales requises en 2015 et est actuellement en processus de réponse aux questions du *Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques* au provincial, ainsi qu'aux questions de l'*Agence canadienne d'évaluation environnementale*. Parallèlement à ce processus, le programme de suivi de la qualité des eaux souterraines est poursuivi de façon à constituer une base de données de qualité des eaux souterraines préalablement à la construction de la mine, de façon à pouvoir dénoter tout changement qui serait attribuable aux travaux d'exploitation minière.

### 3. DESCRIPTION DES TRAVAUX D'ÉCHANTILLONNAGE

#### 3.1 Calendrier d'échantillonnage

Entre 2014 et 2016, des campagnes d'échantillonnage d'eau souterraine ont été réalisées à six reprises, soit en période de fonte des neiges et en période de fin d'été. Ces dates ont été sélectionnées afin de tenter de faire correspondre les échantillonnages aux périodes de hautes eaux et de basses eaux.

Le tableau 1 présente le calendrier de réalisation des campagnes d'échantillonnages.

Tableau 1: Calendrier de réalisation des travaux

Date	Évènement
23 et 24 avril 2014	Échantillonnage en période de fonte des neiges
16 et 17 septembre 2014	Échantillonnage en fin de période estivale
15 au 19 juin 2015	Échantillonnage en période de fonte des neiges
22 au 25 septembre 2015	Échantillonnage en fin de période estivale
26 au 29 avril 2016	Échantillonnage en période de fonte des neiges
13 au 16 septembre 2016	Échantillonnage en fin de période estivale

#### 3.2 Méthodologie d'échantillonnage d'eau souterraine

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une pompe submersible de marque *Proactive* de faible débit reliée à une conduite de LDPE de 9,5 mm de diamètre. Préalablement à l'échantillonnage, des mesures de la qualité physico-chimique *in situ* de l'eau captée ont été réalisées à l'aide d'une sonde multiparamètres de marque *Hanna*, modèle HI 9828, immergée dans l'eau souterraine pompée dans un contenant en surface. Lorsque l'eau captée était claire et libre de particules solides et que le rabattement ainsi que les paramètres physico-chimiques mesurés *in situ* étaient stables, alors l'échantillon était prélevé. Lorsque le rabattement du niveau d'eau ne pouvait être stabilisé en raison de la faible perméabilité de la formation, les échantillons étaient prélevés après une purge d'au moins trois fois le volume du puits. Par la suite, les échantillons étaient livrés dans une glacière à Val-d'Or. Les critères de stabilité des paramètres étaient les suivants :

- Température :  $\pm 0,2$  °C
- pH :  $\pm 0,2$  unités;
- Conductivité électrique :  $\pm 3\%$

### 3.3 Puits échantillonnés

Le nombre et la répartition des stations d'échantillonnage d'eau souterraine a varié au cours de la période de suivi. Le tableau 2 présente les puits qui ont été échantillonnés à chacune des campagnes d'échantillonnage, tandis que leur localisation est montrée sur la figure 1.

**Tableau 2 : Puits échantillonnés lors des campagnes d'échantillonnage**

Avril 2014	Septembre 2014	Juin 2015	Septembre 2015	Avril 2016	Septembre 2016
10 échantillons	10 échantillons	21 échantillons	21 échantillons	17 échantillons	20 échantillons
PZ-01-R	PZ-01-R	PZ-01-R	PZ-01-R	PZ-01-R	PZ-01-R
PZ-02-R	PZ-02-R	PZ-02-R	PZ-02-R		
PZ-02-MT	PZ-02-MT	PZ-02-MT	PZ-02-MT		
PZ-03-MT	PZ-03-MT	PZ-03-MT	PZ-03-MT		
PZ-04-R	PZ-04-R	PZ-04-R	PZ-04-R		
PZ-04-MT	PZ-04-MT	PZ-04-MT	PZ-04-MT		
PZ-05-R	PZ-05-R	PZ-05-R	PZ-05-R		
PZ-05-MT	PZ-05-MT	PZ-05-MT	PZ-05-MT		
PZ-07-R	PZ-07-R	PZ-07-R	PZ-07-R	PZ-07-R	PZ-07-R
PZ-07-MT	PZ-07-MT	PZ-07-MT	PZ-07-MT	PZ-07-MT	PZ-07-MT
		SP-06-MT	SP-06-MT	PZ-09-R	PZ-09-R
				PZ-09-MT	PZ-09-MT
				SP-01-R	SP-01-R
				SP-02-MT	SP-02-MT
				SP-04-R	SP-04-R
				SP-04-MT	SP-04-MT
				SP-06-MT	SP-06-MT
		SP-07-R	SP-07-R		
				SP-08-R	SP-08-R
		SP-08-MT	SP-08-MT	SP-08-MT	SP-08-MT
		SP-10-MT	SP-10-MT	SP-10-MT	SP-10-MT
		SP-11-MT	SP-11-MT		
		GT-06-R	GT-06-R	GT-06-R	GT-06-R
		GT-06-MT	GT-06-MT	GT-06-MT	GT-06-MT
		GT-07-R	GT-07-R		
		GT-07-MT	GT-07-MT		
		GT-08-MT	GT-08-MT		
		GT-09-R	GT-09-R		
				FE-01-R	FE-01-R
				FE-02-R	FE-02-R
					T2
					T4
					T5

### 3.4 Programme analytique

Les échantillons prélevés ont été soumis à des analyses pour une série de paramètres dont les métaux, les nutriments, les anions et cations majeurs, les composés organiques volatils, les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les hydrocarbures pétroliers C10-C50. Le tableau 3 présente la liste exhaustive des substances analysées en laboratoire et les critères considérés. Il est à noter que le phosphore total a commencé à être analysé suite à la campagne d'échantillonnage de septembre 2015, tandis que les carbonates n'ont été analysés que suite à la campagne d'échantillonnage de septembre 2016.

**Tableau 3: Substances analysées en laboratoire**

Substance analysée (mg/L, ou mention)	Critère eau potable	Critère résurgence	Substance analysée (mg/L, ou mention)	Critère eau potable	Critère résurgence
<b>Métaux dissous (mg/L)</b>			Thallium (Tl)	-	-
Aluminium (Al)	-	0.750	Titane (Ti)	-	-
Antimoine (Sb)	0.006	-	Uranium (U)	-	-
Argent (Ag)	0.100	0.00062	Vanadium (V)	-	-
Arsenic (As)	0.010	0.340	Zinc (Zn)	5.000	0.067
Azote ammoniacal (NH <sub>3</sub> -NH <sub>4</sub> )	-	-			
Baryum (Ba)	1	5.3	<b>Hydrocarbures pétroliers (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>)</b>	-	3.500
Béryllium (Be)	-	-	<b>HMA (µg/L)</b>		
Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> )	-	-	Benzène	5	590
Bismuth (Bi)	-	-	Chlorobenzène	303	130
Bore (B)	5	-	1,2-dichlorobenzène	33	70
Cadmium (Cd)	0.005	0.0021	1,3-dichlorobenzène	-	15000
Calcium (Ca)	-	-	1,4-dichlorobenzène	13	110
Carbonates (CO <sub>3</sub> )	-	-	Éthylbenzène	2.43	420
Chlorures (Cl)	250	860	Styrène	20	190
Chrome (Cr)	0.050	-	Toluène	24	580
Cobalt (Co)	-	0.500	Xylènes totaux	3003	820
Cuivre (Cu)	1.000	0.0073	<b>HAP (µg/L)</b>		
Dureté (CaCO <sub>3</sub> )	180.000	-	Acénaphène	-	67
Étain (Sn)	-	-	Acénaphthylène	-	-
Fer (Fe)	0.300	-	Anthracène	-	4.9
Fluorures (F)	1.5	4.0	Benzo (a) anthracène	-	4.9
Lithium (Li)	-	-	Benzo (a) pyrène	0.01	4.9
Magnésium (Mg)	-	-	Benzo (b,j,k) fluranthène	-	4.9
Manganèse (Mn)	0.05	-	Benzo (c) phénanthrène	-	-
Mercure (Hg)	0.001	0.00013	Benzo (g,h,i) pérylène	-	-
Molybdène (Mo)	0.070	2.000	Chrysène	-	4.9
Nickel (Ni)	0.020	0.260	Dibenzo (a,h) anthracène	-	4.9
Nitrites-Nitrates (NO <sub>2</sub> -NO <sub>3</sub> )	10.000	-	Dibenzo (a,i) pyrène	-	-
Plomb (Pb)	0.010	0.034	Dibenzo (a,h) pyrène	-	-
Phosphore total (P)	-	3.0	Dibenzo (a,l) pyrène	-	-
Potassium (K)	-	-	7,12-diméthylbenzoanthracène	-	-
Sélénium (Se)	0.010	0.020	Fluoranthène	-	2.3
Silice (Si)	-	-	Fluorène	-	1400000
Sodium (Na)	200.000	-	Indeno (1,2,3-cd) pyrène	-	4.9
Strontium (Sr)	-	-	3-méthylcholanthrène	-	-
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	-	-	Naphtalène	-	340
Sulfures (S <sub>2</sub> )	0.05	0.2	Phénanthrène	-	30
Tellure (Te)	-	-	Pyrène	-	1100000



### 3.5 Laboratoire d'analyses

L'ensemble des analyses d'eau ont été effectuées par le même laboratoire, soit le laboratoire *Multilab*. Celui-ci détient toutes les accréditations nécessaires aux analyses réalisées. Dans les clauses de soumission il est stipulé que *Multilab* s'engage à faire ou à sous-traiter les analyses dans un laboratoire accrédité. Le laboratoire de Val-d'Or est accrédité dans les domaines 109, 140, 124 (C10-C50, COV et HAP). Le laboratoire « sous-traitant » *Multilab* à Rouyn-Noranda est accrédité dans les domaines 11, 12, 13, 14, 15, 17, 23, 28, 60 (métaux, NH<sub>3</sub>-NH<sub>4</sub>, Cl, F, NO<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S et P<sub>tot</sub>).

### 3.6 Contrôle de qualité

Les méthodes d'échantillonnage, de transport et d'analyse, ont été effectuées en conformité avec les recommandations du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 3*. À titre d'exemple, les essais de perméabilité à charge variable ont été répétés à deux reprises dans la majorité des cas, des mesures de paramètres physico-chimiques étaient effectuées en continu et les échantillons n'étaient prélevés que lorsqu'une stabilisation des paramètres était observée et des échantillons ont été prélevés en duplicata lors des campagnes d'échantillonnage. Les duplicatas prélevés étaient alors nommés « duplicata » de façon à ce que le laboratoire ne puisse déterminer quel échantillon était dupliqué.

À chacune des campagnes d'échantillonnage, le laboratoire a émis un certificat de contrôle de qualité à l'aide de blancs de laboratoire. Le laboratoire d'analyse a observé les fréquences suivantes d'insertion de blancs, duplicatas et de matériaux de références :

- La fréquence d'insertion pour tous les éléments de contrôle de la qualité, autres que les blancs de méthode analytique, doit respecter un pourcentage d'au moins 15 % du nombre d'échantillon à respecter.
- Les éléments autres que les matériaux de référence (MRC et MR) tels que le duplicata et l'ajout dosé doivent être analysés en alternance.
- La fréquence d'insertion pour le blanc de méthode analytique doit respecter un pourcentage d'au moins 4 % du nombre d'échantillons à analyser.
- Les techniciens doivent respecter le ratio d'insertion des éléments de contrôle de la qualité. Ils doivent s'assurer que le nombre d'éléments de contrôle de la qualité ainsi que le type de contrôle est adéquat sur les feuilles de travail avant de procéder aux analyses. Ils doivent aussi s'assurer que la série d'échantillons se termine par un matériau de référence certifié (MRC) ou un matériau de référence (MR), dans le but d'assurer la fiabilité du début de l'analyse de la prochaine série.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1 Validation des analyses effectuées en laboratoire

La validation des analyses effectuées en laboratoire a été effectuée à l'aide des méthodes suivantes :

- Comparaison des duplicatas
- Balance ionique
- Comparaison avec la conductivité électrique
- Comparaison de la dureté rapportée avec la dureté calculée

#### *Comparaison des duplicatas*

L'examen des résultats obtenus à partir des sept duplicatas prélevés lors des échantillonnages permet de constater que ceux-ci sont toujours très proches de l'échantillon dupliqué. La différence entre les résultats obtenus et les duplicatas est majoritairement sous les 10% d'erreur.

#### *Balance ionique*

La balance ionique des ions majeurs a été faite en comparant la somme des cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) à la somme des anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{NO}_3^-$ ) selon la formule suivante :

$$\text{Électroneutralité (\%)} = \frac{(\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) * 100}{(\sum \text{cations} - \sum \text{anions})}$$

Où les concentrations sont exprimées en meq/l. Puisque les nitrites et les nitrates ont été quantifiés ensemble, l'hypothèse a été posée que les faibles concentrations observées étaient majoritairement composées de nitrates. Sur les 106 échantillons disponibles, incluant les duplicatas, l'erreur moyenne est de 5%. Toutefois, les erreurs varient de -53% à 26%. Au total ce sont 73% des analyses dont l'erreur absolue excède 5%.

L'explication du taux élevé d'erreur dans le calcul de la balance ionique peut être expliquée par une mauvaise procédure d'analyses par le laboratoire. Il est aussi probable que ces débalancements soient causés par les très faibles concentrations des ions majeurs, parfois sous les limites de détection. Enfin, la présence d'ions mineurs en grande concentration ou encore la présence d'ions organiques peuvent également être la cause des débalancements calculés (Hounslow, 1995).

#### *Comparaison avec la conductivité électrique*

La conductivité électrique mesurée sur le terrain des échantillons a été comparée aux sommes des cations et anions selon la formule suivante :

$$\Sigma \text{ anions} = \Sigma \text{ cations (meq/l)} = \text{CE}/100 \text{ (}\mu\text{S/cm)}$$

Les vérifications, faites d'abord avec les cations indiquent une erreur moyenne de -1%, tandis que l'erreur moyenne avec la somme des anions est de -6%. On observe par ailleurs que ce ne sont pas systématiquement les mêmes échantillons possédant une erreur élevée que ceux identifiés par balance ionique.

#### *Comparaison de la dureté*

La dureté totale, rapportée par le laboratoire a été comparée avec la dureté calculée en faisant la somme de la dureté calcium et la dureté magnésium selon la formule suivante :

$$\frac{\text{Dureté} - \text{dureté calculée}}{\text{Dureté}}$$

Les vérifications pour l'ensemble des échantillons indiquent que la différence moyenne est de 5%, tandis que le nombre d'échantillons où la différence entre la dureté rapportée et la dureté calculée est supérieure à 5% est de 18.

#### *Autres vérifications*

Hounslow (1995) propose plusieurs autres calculs de validation dont ceux qui comparent les solides totaux dissous mesurés en chantier avec ceux mesurés en laboratoire ou avec la conductivité électrique ou d'autres calculs basés sur les comparaisons des ions calcium, sodium et potassium. Ceux-ci n'ont pas été effectués parce que les solides totaux dissous ont seulement été mesurés sur le terrain et pas en laboratoire. Par ailleurs, les quatre vérifications effectuées sont jugées suffisantes.

#### *Conclusions sur la validité des échantillons*

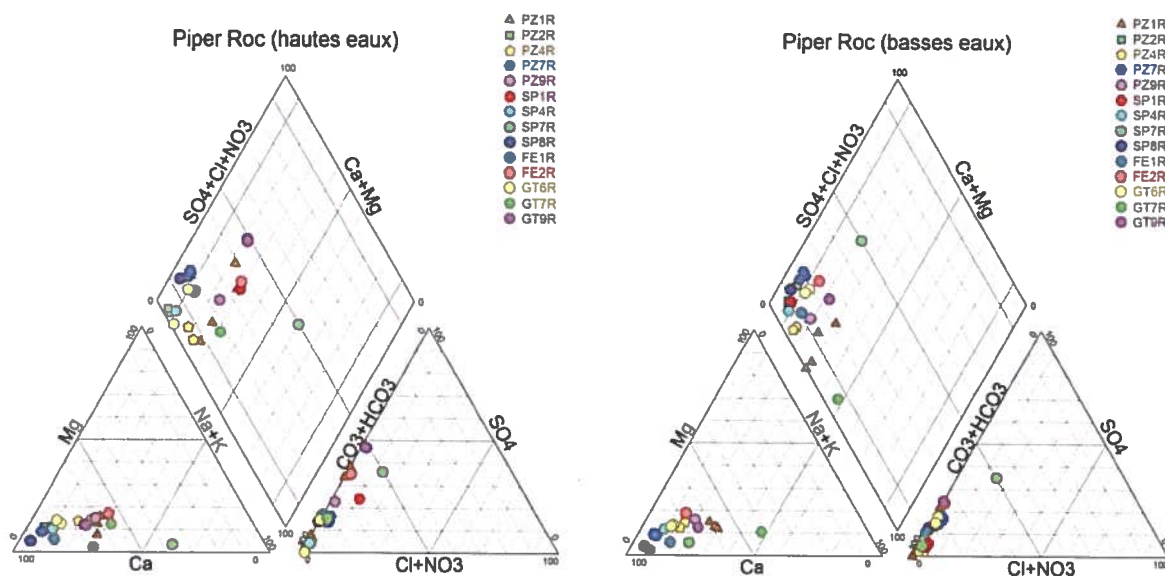
Si l'on se base sur les vérifications effectuées, il faudrait éliminer environ 80% des échantillons prélevés. Il serait toutefois dommage de discréditer cette considérable base de données dont peu de projets miniers possèdent en général avant la mise en opération d'une exploitation minière. Nous sommes donc d'avis qu'il est préférable d'utiliser quand même ces résultats, mais qu'il faut poursuivre les suivis et utiliser une méthode statistique de détection de tendance, plutôt que de fixer des critères fixes pour déterminer la présence d'une éventuelle contamination.

## 4.2 Types d'eau rencontrés

Afin de caractériser les types d'eau rencontrés sur la propriété Akasaba ouest, les résultats ont été séparés en fonction des unités hydrostratigraphiques. Les paragraphes qui suivent décrivent les résultats obtenus pour chacune d'entre elles.

### Socle rocheux

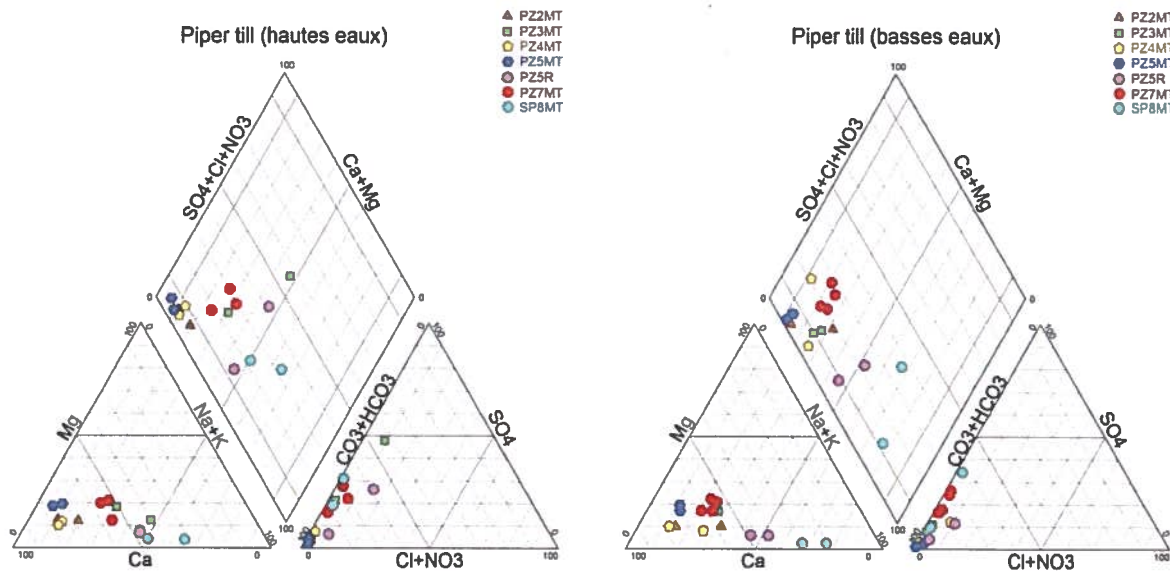
Les diagrammes de Piper réalisés pour les puits installés dans le socle rocheux en périodes de hautes eaux et de basses eaux sont montrés ci-dessous. Il est possible d'y observer que presque tous les échantillons sont du type d'eau bicarbonatée-calcique, représentatifs d'une eau en zone de recharge. Seul le puits SP-07-R possède un profil de type bicarbonatée sodique, indiquant une eau plus évoluée. Par ailleurs, la qualité de l'eau est relativement stable entre les périodes de hautes eaux et de basses eaux, puisque les nuages de points sont situés dans les mêmes zones. On constate par ailleurs que les puits peu profonds comme, par exemple, le puits PZ-01-R sont plus sujets à des variations saisonnières que les puits plus profonds comme, par exemple, le puits GT-06-R. Le puits PZ-01-R possède d'ailleurs une conductivité électrique très faible et un pH légèrement acide et il est assumé que ce puits est directement relié à la surface.



*Dépôts glaciaires (till)*

Les diagrammes de Piper réalisés pour les puits installés dans le till en périodes de hautes eaux et de basses eaux sont montrés ci-dessous. Il est possible d'y observer que les échantillons de cinq des sept puits aménagés dans le till sont du type d'eau bicarbonatée-calcique, représentatifs d'une eau en zone de recharge. Les puits PZ-05-R et SP-08-MT possèdent un profil de type bicarbonatée sodique, indiquant une eau plus évoluée. Le puits PZ-03-MT oscille quant à lui entre les deux types d'eau en fonction de la période de l'année.

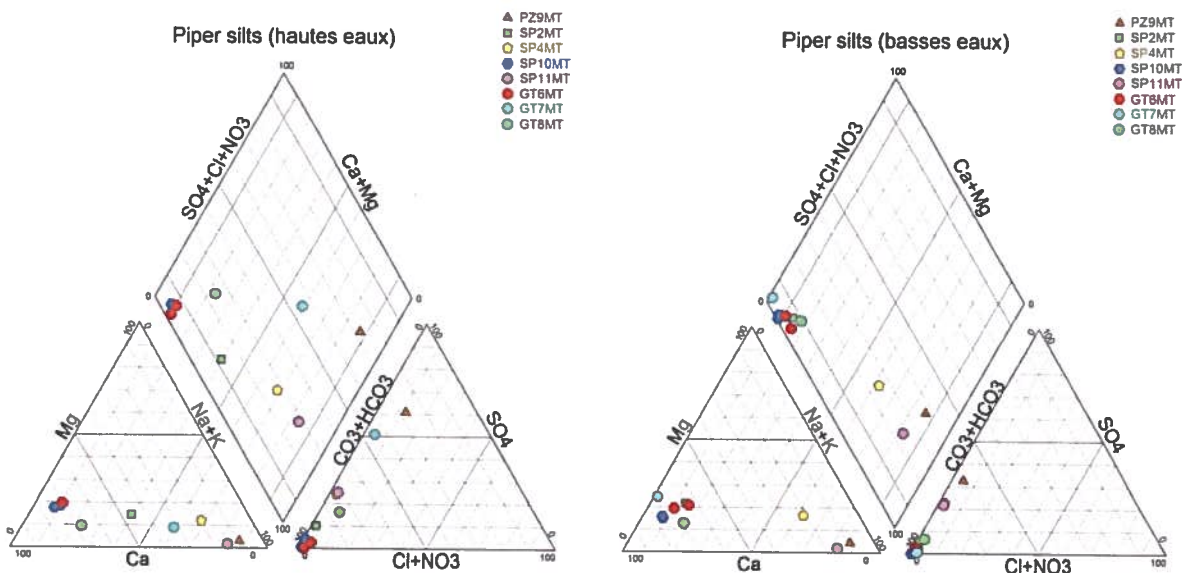
Par ailleurs, la qualité de l'eau varie légèrement entre les périodes de hautes eaux et de basses eaux, puisque les nuages de points sont situés dans les mêmes zones. Ces nuages de points sont également dans les mêmes zones que les eaux souterraines provenant du socle rocheux, ce qui n'est pas étonnant, puisque ces deux unités sont en lien hydraulique et que les puits aménagés dans le socle rocheux sont la plupart aménagés dans les premiers mètres de cette unité, donc près du contact avec l'unité glaciaire.



*Dépôts glacio-lacustres (silt)*

Les diagrammes de Piper réalisés pour les puits installés dans le silt en périodes de hautes eaux et de basses eaux sont montrés ci-dessous. Il est possible d'y observer que les échantillons de quatre des neuf puits aménagés dans le silt sont du type d'eau bicarbonatée-calcique, représentatifs d'une eau en zone de recharge. Les puits SP-04-MT, SP-11-MT et PZ-09-MT possèdent un profil de type bicarbonatée sodique, indiquant une eau plus évoluée. Le puits GT-07-MT oscille quant à lui entre les deux types d'eau en fonction de la période de l'année. De même, le puits PZ-09-MT oscille entre le type d'eau bicarbonatée sodique et bicarbonatée sulfatée.

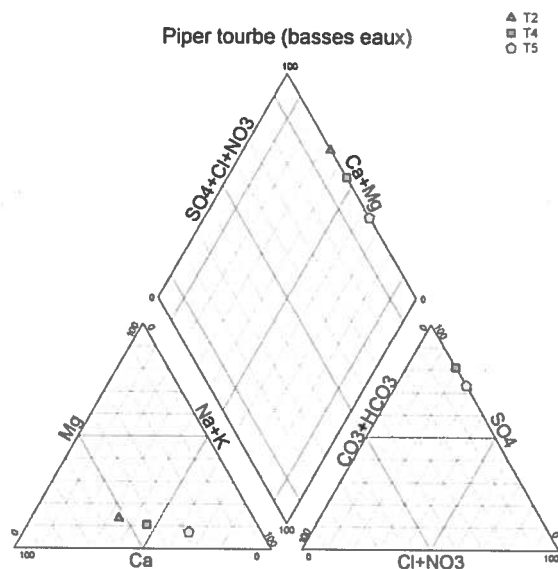
Par ailleurs, la qualité de l'eau varie généralement plus pour le silt que pour les unités de till et de socle rocheux entre les périodes de hautes eaux et de basses eaux, ce qui indique que l'unité de silt, qui est plus proche de la surface que les deux autres unités, est plus facilement influencée par les fluctuations saisonnières.



### Dépôts organiques

Au cours de l'été 2016, des pointes filtrantes d'une profondeur de l'ordre d'un mètre ont été aménagées dans les dépôts organiques afin de faire le suivi du niveau d'eau et de la qualité de l'eau de cette unité. Ainsi, une seule période d'échantillonnage est disponible pour les trois pointes filtrantes qui ont été échantillonnées.

Le diagramme de Piper réalisés pour les puits installés dans la tourbière en périodes basses eaux est montré ci-dessous. Il est possible d'y observer que les échantillons sont caractérisés par l'absence de bicarbonates. Le pH de ces échantillons est d'ailleurs très acide avec des valeurs qui varient de 4,38 à 4,64. Deux des échantillons aménagés dans la tourbe sont du type d'eau sulfatée-calcique et l'autre d'une eau sulfatée sodique, représentatifs d'une eau ressemblant aux précipitations. Il est recommandé de poursuivre le suivi dans ces puits afin de déterminer s'il existe des variations saisonnières dans la qualité de l'eau.



### 4.3 Commentaires généraux sur les résultats

La base de données étant trop grande pour être intégrée dans un tableau possédant le format type d'un rapport, seule une version électronique de compilation des résultats a été préparée. Celle-ci est présentée en format Excel en annexe de ce document. Les résultats d'analyse d'eau souterraine dans les puits d'observation lors des campagnes d'échantillonnage d'avril et de septembre 2014, de juin et septembre 2015 et d'avril et septembre 2016 y sont présentés. Il est possible d'y faire les observations suivantes décrites aux paragraphes qui suivent.

Les eaux souterraines sont relativement peu chargées en minéraux. En effet, la conductivité électrique de l'eau varie de 32 à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une moyenne de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Le pH des eaux souterraines varie d'acide à alcalin, en fonction du contexte hydrogéologique où se situe les puits. De plus, la tendance générale du pH en fonction de la profondeur indique une tendance à l'augmentation du pH avec la profondeur.

Des excès des critères de consommation d'objectifs esthétiques, sont observés dans 18 puits pour le fer, dans presque tous les puits pour le manganèse et pour les sulfures, et dans six puits pour la dureté totale. Toutefois les excès de dureté ne sont pas récurrents, mais ponctuels. Il semble plutôt qu'il s'agisse d'une erreur de laboratoire, puisque les échantillons qui présentent des excès de dureté proviennent tous de la même campagne d'échantillonnage, soit la campagne de septembre 2014. Lorsque l'on compare la dureté fournie par le laboratoire avec la dureté calculée, des erreurs de l'ordre de 50 à 90% sont obtenus pour les échantillons provenant de cette campagne d'échantillonnage. Les résultats obtenus aux puits SP-02-MT et GT-06-MT sont quant à eux considérés comme représentatifs.

Des excès des critères de consommation concernant la potabilité de l'eau sont observés dans onze puits pour l'arsenic, dans huit puits pour le plomb et dans six puits pour le mercure, tandis que des excès des critères de résurgence dans les égouts ou les eaux de surface sont observés dans un puits pour l'arsenic, dans six puits pour le cuivre, dans dix-neuf puits pour le mercure, dans sept puits pour les sulfures et enfin, dans six puits pour le phosphore total.

Des composés organiques de type hydrocarbures pétroliers C10-C50, hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) ou polycycliques (HAP) sont généralement sous les limites de détection ou très près de celles-ci.



Les paramètres tels le fer, le manganèse, la dureté et les sulfures sont parmi les principales problématiques observées dans les eaux souterraines du Québec. Leur présence est principalement causée par la dissolution des minéraux naturels présents dans le sol. C'est probablement le cas en ce qui concerne l'arsenic, le mercure, le plomb et le cuivre qui ont été retrouvés dans les échantillons d'eau souterraine. En effet, ces mêmes paramètres se retrouvent dans plusieurs secteurs de l'Abitibi où les conditions géologiques sont favorables à la présence de gisements miniers. Des causes anthropiques soient également possibles, puisque des activités minières ont déjà eu lieu par le passé à l'est de la propriété Akasaba, mais peu probables étant donné le peu d'évidences dans les environs du site à l'étude.

Enfin, la présence de composés organiques en traces serait probablement d'origine anthropique, bien qu'aucune source potentielle de tels composés n'ait été observée sur le terrain. Pour l'instant, l'explication la plus probable à la présence des composés organiques serait les opérations de forage au diamant qui ont été effectués sur la propriété. Les autres activités humaines sont surtout reliées aux activités forestières telles que la chasse et la cueillette.

#### **4.4 Teneur de fond locale**

Une estimation préliminaire des teneurs de fond locales a été effectuée pour chacune des unités hydrogéologiques selon le guide méthodologique intitulé "Lignes directrices sur l'évaluation des teneurs de fond naturelles dans les sols" (Ouellette, 2012) par le ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Puisque la distribution des données du projet ne suivait pas une distribution normale ou log normale, ce guide recommande l'utilisation de la méthode de la vibrisse supérieure (Villaneau, 2008). Cette méthode utilise l'équation suivante:  $((75e \text{ centile} - 25e \text{ centile}) * 1,5) + 75e \text{ centile}$ . Des statistiques descriptives ont également été calculées afin de déterminer la moyenne et l'écart-type de la moyenne.

Toutefois, l'examen des résultats obtenus n'a pas été satisfaisant, puisqu'il était possible de constater que les concentrations de paramètres tels que l'arsenic dépassaient déjà parfois la teneur de fond locale proposée dans la base de données. Une seconde tentative de détermination de la teneur de fond a aussi été faite en calculant des teneurs de fond pour chaque puits, pris individuellement. Cette seconde tentative a permis d'obtenir de meilleurs résultats que la première tentative. Toutefois, plusieurs des puits utilisés n'avaient été

échantillonnés qu'à deux reprises et de plus, certaines concentrations de la base de données sont supérieures aux teneurs de base calculées.


Puisque la fiabilité des résultats analytiques s'avère douteuse pour plusieurs échantillons et compte-tenu que des « pics » de concentration élevée sont parfois observés, nous sommes d'avis que la détection d'indices de contamination devrait être basée sur la détection d'une tendance à la hausse d'un paramètre. Ce type de méthode ne tient pas compte de concentrations anomaliques ponctuelles, mais plutôt sur l'analyse statistique d'une base de données qui doit être suffisamment complète avant le début des activités à risque pour pouvoir être utilisée correctement. Le meilleur outil pour ce type d'analyse serait, à notre avis, la méthode décrite dans le « Guide technique de suivi de la qualité des eaux souterraines » du MDDELCC. Cette méthode devrait être mise en place à la suite d'au moins deux autres campagnes d'échantillonnage d'eaux souterraines afin de pouvoir être considérée comme représentative.

## 5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les travaux d'échantillonnage effectués dans le cadre de ce mandat ont permis de déterminer les conditions hydrogéochimiques de la propriété Akasaba Ouest, laquelle est située dans le secteur Est de Val-d'Or. Les conclusions sont les suivantes :

- La validation des mesures effectuées en laboratoire par quelques techniques permet de douter de la fiabilité de plus de la moitié des résultats. Il serait toutefois dommage de discréditer cette considérable base de données dont peu de projets miniers possèdent en général avant la mise en opération d'une exploitation minière. Nous sommes donc d'avis qu'il est préférable d'utiliser quand même les résultats obtenus jusqu'à présent, mais qu'il faut poursuivre les suivis et utiliser une méthode statistique de détection de tendance, plutôt que de fixer des critères fixes pour déterminer la présence d'une éventuelle contamination;
- Deux principaux types d'eau se retrouvent sur la propriété, soit les eaux de type bicarbonaté calcique, représentant des eaux de recharge et des eaux de type bicarbonaté sodique, représentant des eaux plus évoluées. L'unité de silt possède une plus grande variabilité saisonnière que les unités de till et de socle rocheux, lesquelles sont plus profondes;
- Les eaux souterraines sont peu minéralisées, possèdent un pH légèrement alcalin et sont caractérisées principalement par des excès des critères esthétiques de potabilité de l'eau pour le fer et le manganèse et aussi pour les sulfures, la dureté et le phosphore total, de même que des excès du critère de potabilité pour le mercure, le plomb et l'arsenic, dans plusieurs puits d'observation;
- La méthode utilisée pour calculer la teneur de fond locale présente des lacunes en raison de la présence occasionnelle de « pics » de concentration et aussi à cause de la validité relative des résultats analytiques. Aussi, il sera préférable d'utiliser une méthode statistique permettant de détecter une tendance à la hausse de paramètres, plutôt que de fixer une valeur seuil à ne pas dépasser.

Il est donc recommandé de poursuivre le programme d'échantillonnage afin de peupler suffisamment la base de données pour pouvoir utiliser la méthode proposée dans le GTSQES.

  
Yves Leblanc, ing. géo.  
M.Sc. Hydrogéologue

## RÉFÉRENCES

Hounslow, A.W. 1995. Water Quality Data: Analysis and Interpretation, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 86-87

Chevalier, S., 2008. Guide technique de suivi de la qualité des eaux souterraines (GTSQES), Ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, 15 p.

**ANNEXE 1 : FIGURES**

