



Mise à jour novembre 2008  
PU-2008-03-367

# Version non corrigée

*Osisko - Canadian Malartic :  
caractérisation environnementale  
d'échantillons post-essais minéralurgiques*

Pour :

Monsieur Denis Cimon  
Monsieur Jean Châteauneuf  
Osisko Exploration Itée - projet Canadian Malartic  
301, rue Norrie  
Malartic (Québec) J0Y 1Z0

Par :

Mathieu Villeneuve, M.Sc.A., chimiste



**Unité de recherche et de service en technologie minérale**

445, boul. de l'Université, Rouyn-Noranda (Québec) J9X 5E4  
Téléphone : (819) 762-0971, poste 2558 Télécopieur : (819) 797-4727/6672

Novembre 2008



## Table des matières

	Page
1. Introduction.....	3
2. Échantillons .....	3
3. Méthodes .....	5
3.1 Lixiviation à l'eau .....	5
3.2 Extractions TCLP .....	5
3.3 Extractions SPLP .....	5
3.4 Analyses post-extractions.....	5
4. Résultats mis à jour .....	6
4.1 Bilan des essais statiques et essais NAG .....	6
4.2 Essais en cellules d'humidité .....	8
4.3 Classification des matériaux selon l'annexe 2 de la directive 019 .....	17
4.3.1 Résidus miniers à faibles risques.....	17
4.3.2 Résidus miniers lixiviables.....	20
4.3.3 Résidus miniers à risques élevés .....	20
5. Conclusions et recommandations .....	25
6. Références.....	26

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Nouveaux échantillons et analyses supplémentaires demandés .....	4
Tableau 2 : Critères d'interprétation des essais statiques.....	6
Tableau 3 : Résultats partiels des essais statiques et du NAG pour les nouveaux échantillons de minerais .....	7
Tableau 4 : Résultats partiels des essais statiques et du NAG pour les échantillons de rejets.....	7
Tableau 5 : Comparaison des résultats des analyses chimiques des minerais aux Teneurs de fond pour le Secteur Supérieur .....	18
Tableau 6 : Comparaison des résultats des analyses chimiques des rejets aux Teneurs de fond pour le Secteur Supérieur.....	19
Tableau 7 : Comparaison des résultats des concentrations moyennes au lixiviat TCLP des échantillons de minerais avec les critères applicables pour la protection des eaux souterraines.....	21
Tableau 8 : Comparaison des résultats des concentrations moyennes au lixiviat TCLP des échantillons de rejets avec les critères applicables pour la protection des eaux souterraines .....	22
Tableau 9 : Comparaison des concentrations moyennes dans les lixiviats TCLP des échantillons de minerais aux critères du Tableau 1 de l'Annexe 2 de la Directive 019 .....	23

Tableau 10 : Comparaison des concentrations moyennes dans les lixiviats TCLP des échantillons de rejets aux critères du Tableau 1 de l'Annexe 2 de la Directive 019...24

## Liste des figures

Figure 1 : Évolution du pH dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité .....	8
Figure 2 : Évolution de la conductivité dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité .....	9
Figure 3 : Évolution de l'acidité dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité.....	10
Figure 4 : Évolution de l'alcalinité dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité .....	10
Figure 5 : Évolution de l'arsenic dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité.....	11
Figure 6 : Évolution du cuivre dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité .....	12
Figure 7 : Évolution du fer dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité .....	12
Figure 8 : Évolution du nickel dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité.....	13
Figure 9 : Évolution du plomb dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité.....	13
Figure 10 : Évolution du zinc dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité.....	14
Figure 11 : Évolution des sulfates dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité .....	15
Figure 12 : Évolution des charges cumulatives en sulfates dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité réalisées sur les matériaux fins .....	15
Figure 13 : Évolution des charges cumulatives en sulfates dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité réalisées sur les matériaux grossiers.....	16
Figure 14 : Évolution des charges cumulatives en Ca, Mg et Mn additionnées dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité réalisées sur les matériaux grossiers.....	17

## 1. Introduction

Ce rapport fait suite au premier rapport d'étape et a pour but une mise à jour rapide des résultats. Il ne s'agit pas d'un rapport pleinement interprété, mais fait le point sur l'état actuel des résultats.

## 2. Échantillons

Aux échantillons de minerais précédemment présentés dans le rapport d'étape, se sont ajoutés 2 échantillons de minerais de zones minéralisées jusqu'à maintenant non représentés par les échantillons. 6 échantillons représentant des rejets d'essais de concentration du minerai ont aussi été ajoutés. Le *tableau 1* présente les 8 nouveaux échantillons ajoutés à l'étude depuis le rapport d'étape.

On remarque au bas du *tableau 1* que des analyses supplémentaires ont été demandées sur des échantillons représentatifs des échantillons placés en cellule d'humidité. Ces analyses supplémentaires sont les extractions MA.100-Lix.com.1.0 (TCLP) et les analyses élémentaires complètes du solide.

Tableau 1 : Nouveaux échantillons et analyses supplémentaires demandés

Nom	#URSTM	Description	Stotal (triple)	Analyse élémentaire complète	ABA (MA.110-PGA 1.0) (triple)	NAG (triple)	MA.100-Lix.com.1.0 (TCLP) en triple	MA.100-Lix.com.1.0 (SPLP) en triple	Short term leach test en triple
C-1	U6650	Minerai	✓	✓	✓	✓	✓		
C-3	U6651	Minerai	✓	✓	✓	✓	✓		
Low Grade Residue Comp	U6768	Rejet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Low Grade Residue Comp +270 B	U6769	Rejet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Low Grade Residue Comp -270 B	U6770	Rejet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Average Grade Residue Comp	U6771	Rejet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Average Grade +270 B	U6772	Rejet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Average Grade -270 B	U6773	Rejet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Average Grade Ore PO Comp B	U5864	Minerai représentatif d'une cellule d'humidité		✓			✓		
Low Grade Ore Overall Comp B	U5871	Minerai représentatif d'une cellule d'humidité					✓		
High Sulphide Ore Overall Comp B	U5875	Minerai représentatif d'une cellule d'humidité					✓		
Average Waste GR Comp B	U5878	Minerai représentatif d'une cellule d'humidité		✓			✓		
Average Waste Overall Comp B	U5879	Minerai représentatif d'une cellule d'humidité					✓		
High Sulphide Waste Overall Comp B	U5882	Minerai représentatif d'une cellule d'humidité					✓		

### 3. Méthodes

Se référer aux méthodes déjà présentées dans le rapport d'étape (Villeneuve, 2008). Méthodes auxquelles s'ajoute :

#### 3.1 Lixiviation à l'eau

La méthode proposée par M. Cimon (2007) dans son courriel sera suivie. Le matériel solide sera placé en contact avec de l'eau déminéralisée (ajustée à pH 7 avec NaOH 0,1N, tel que décrit dans MA.100-Lix.com.1.0), dans un ratio liquide/solide de 3/1, et agitée durant 18 h par culbutage.

#### 3.2 Extractions TCLP

L'extraction *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* de l'agence américaine EPA a été traduite dans la méthode MA.100-Lix.com.1.0 du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Cette méthode fait réagir un échantillon de solide avec une solution tampon (ratio L/S de 20/1) à base d'acide acétique et de NaOH ; donc, le pH dépend des résultats d'un essai préliminaire. Le mélange est agité  $18 \pm 2$  h par culbutage.

#### 3.3 Extractions SPLP

L'extraction *Synthetic Precipitation Leaching Procedure* de l'agence américaine EPA a été traduite dans la méthode MA.100-Lix.com.1.0 du CEAEQ. Cette méthode vise à simuler l'interaction entre le matériel solide et une pluie acide (ajusté à pH 4,2 avec un mélange de HNO<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dans un ratio L/S de 20/1. Encore une fois, le mélange est agité par culbutage  $18 \pm 2$  h.

#### 3.4 Analyses post-extractions

Les solutions post-extractions seront envoyées dans des laboratoires sous-traitants accrédités par le MDDEP, pour les analyses des paramètres suivants : Acidité, Alcalinité, métaux par ICP-MS (Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Zn), Chlorures, Fluorures, Dureté, Azote ammoniacal, Nitrates, Nitrites, Azote Total Kjeldahl, Sulfates, Sulfures, Thiosels, Solides dissous totaux et Phosphore total. Les lixiviats produits par la méthode SPLP ne pourront pas être dosés pour leur teneur en composés azotés, car lors de l'extraction, de l'acide nitrique est utilisée.

## 4. Résultats mis à jour

### 4.1 Bilan des essais statiques et essais NAG

Le *tableau 2* résume la démarche et présente le code de couleur qui sera utilisé dans les tableaux de résultats.

**Tableau 2 : Critères d'interprétation des essais statiques**

%S <sub>sulfure</sub> < 0,3 %	Non-acidogène
%S <sub>sulfure</sub> > 0,3 %	Poursuivre avec PNN

Critères pour le PNN (Miller *et al.*, 1991)

PNN < 20 kg CaCO <sub>3</sub> /t	Acidogène
-20 < PNN < 20 kg CaCO <sub>3</sub> /t	Incertain, poursuivre avec PN/PA
PNN ≥ 20 kg CaCO <sub>3</sub> /t	Non-acidogène

Critères pour le PN/PA (Price *et al.*, 1997)

PN/PA < 1	Acidogène
1 < PN/PA < 2	Possiblement acidogène
2 < PN/PA < 4	Peu de chances d'être acidogène
PN/PA > 4	Non-acidogène

Les *tableaux 3* et *4* (prochaine page) présentent les résultats obtenus jusqu'à maintenant pour les nouveaux essais statiques demandés.

On remarque que les résultats ne sont que partiels pour l'instant et des résultats clés des essais statiques sont manquants pour pouvoir tirer une conclusion quant à la nature acidogène des minerais et des rejets.

En ce qui a trait aux essais NAG, on remarque que le minerai C-1 a généré de l'acidité durant l'essai à raison de 1,68 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t et un pH final 3,38. On remarque aussi que les rejets Low Grade Residue Comp +270 B et Average Grade+270 B ont aussi généré de l'acidité au cours de l'essai NAG avec 11,37 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t et 12,44 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t, respectivement.

Pour tous les autres matériaux, le titrage est non nécessaire, puisque les NAG<sub>pH</sub> sont tous supérieurs à 4,5. Tous les autres résultats NAG sont donc de 0 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t. Un résultat aberrant par rapport aux deux autres répliques a été ignoré dans le cas des essais NAG sur le minerai C-3.

Tableau 3 : Résultats partiels des essais statiques et du NAG pour les nouveaux échantillons de minerais

#URSTM	Nom	Réplica	pH de pâte (-)	S <sub>total</sub> (% S)	S <sub>sulfates</sub> (% S)	S <sub>sulfures</sub> (% S)	PAM (kg CaCO <sub>3</sub> /t)	PN brut (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t)	PN brut (kg CaCO <sub>3</sub> /t)	PNN (kg CaCO <sub>3</sub> /t)	PN/PA (-)	Acidogène	NAG <sub>pH</sub> (-)	NAG (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t)
6650	C-1	1				0,00	0,0	50,40	51,4				3,42	1,35
		2				0,00	0,0	56,80	58,0				3,30	2,22
		3				0,00	0,0	49,90	50,9				3,42	1,46
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	52,37	53,4				3,38	1,68
6651	C-3	1				0,00	0,0	57,10	58,3				8,21	0,00
		2				0,00	0,0	50,20	51,2				3,64	2,81
		3				0,00	0,0	53,30	54,4				9,88	0,00
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	53,53	54,6				9,05	0,00

Tableau 4 : Résultats partiels des essais statiques et du NAG pour les échantillons de rejets

#URSTM	Nom	Réplica	pH de pâte (-)	S <sub>total</sub> (% S)	S <sub>sulfates</sub> (% S)	S <sub>sulfures</sub> (% S)	PAM (kg CaCO <sub>3</sub> /t)	PN brut (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t)	PN brut (kg CaCO <sub>3</sub> /t)	PNN (kg CaCO <sub>3</sub> /t)	PN/PA (-)	Acidogène	NAG <sub>pH</sub> (-)	NAG (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t)
#U6768	Low Grade Residue Comp	1				0,00	0,0	55,00	56,1				10,94	0,00
		2				0,00	0,0	54,00	55,1				10,33	0,00
		3				0,00	0,0	53,00	54,1				10,59	0,00
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	54,00	55,1				10,62	0,00
#U6769	Low Grade Residue Comp +270 B	1				0,00	0,0	36,00	36,7				2,52	10,66
		2				0,00	0,0	27,00	27,6				2,50	11,59
		3				0,00	0,0	35,00	35,7				2,50	11,87
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	32,67	33,3				2,51	11,37
#U6770	Low Grade Residue Comp -270 B	1				0,00	0,0	85,00	86,7				11,21	0,00
		2				0,00	0,0	72,00	73,5				11,18	0,00
		3				0,00	0,0	84,00	85,7				11,26	0,00
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	80,33	82,0				11,22	0,00
#U6771	Average Grade Residue Comp	1				0,00	0,0	45,00	45,9				4,75	0,00
		2				0,00	0,0	45,00	45,9				4,50	0,00
		3				0,00	0,0	46,00	46,9				4,59	0,00
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	45,33	46,3				4,61	0,00
#U6772	Average Grade +270 B	1				0,00	0,0	31,00	31,6				2,58	12,63
		2				0,00	0,0	29,00	29,6				2,46	12,78
		3				0,00	0,0	28,00	28,6				2,46	11,90
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	29,33	29,9				2,50	12,44
#U6773	Average Grade -270 B	1				0,00	0,0	60,00	61,2				11,05	0,00
		2				0,00	0,0		0,0					
		3				0,00	0,0		0,0					
		Moyenne	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,0	60,00	20,4				11,05	0,00



#### 4.2 Essais en cellules d'humidité

Le principal but de la présente section est non seulement une mise à jour des résultats mais aussi de déterminer si les cellules d'humidité pourront être arrêtées à 30 rinçages, tels que prévus dans l'offre de service. Pour se faire les résultats complets après 25 rinçages (28 rinçages pour pH, conductivité, acidité, alcalinité et sulfates) sont utilisés. Le but est de vérifier si les cellules ont atteint l'état stationnaire et si les résultats pourront être extrapolés pour déterminer le potentiel générateur d'acide à long terme.

Les figures 1 à 14 présentent les résultats mis à jour pour les cellules d'humidité. Les figures seront commentées brièvement dans les pages qui suivent.

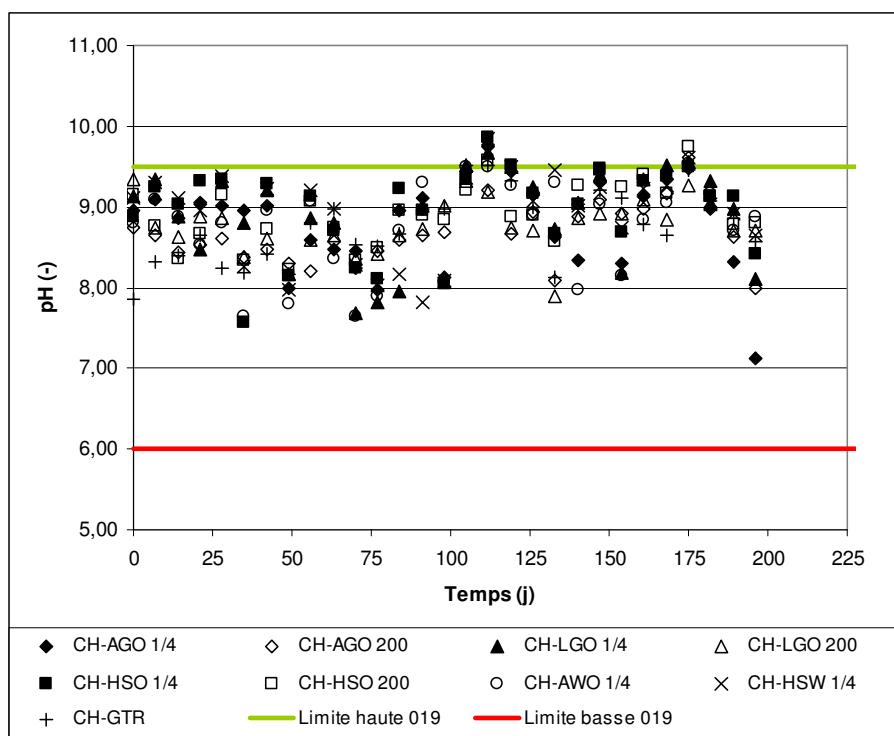


Figure 1 : Évolution du pH dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

Le pH (figure 1) demeure élevé et relativement stable dans le temps. Quelques épisodes de dépassement de la limite supérieure de la directive 019 (pH 9,5) ont eu lieu. À partir du pH, on constate qu'aucun drainage acide n'a été observé dans les cellules d'humidité.

La conductivité (figure 2) reliée au contenu total en ions dissouts dans les eaux de rinçage montre que les taux de réaction ou lixiviation semblent s'être stabilisés dans les cellules.

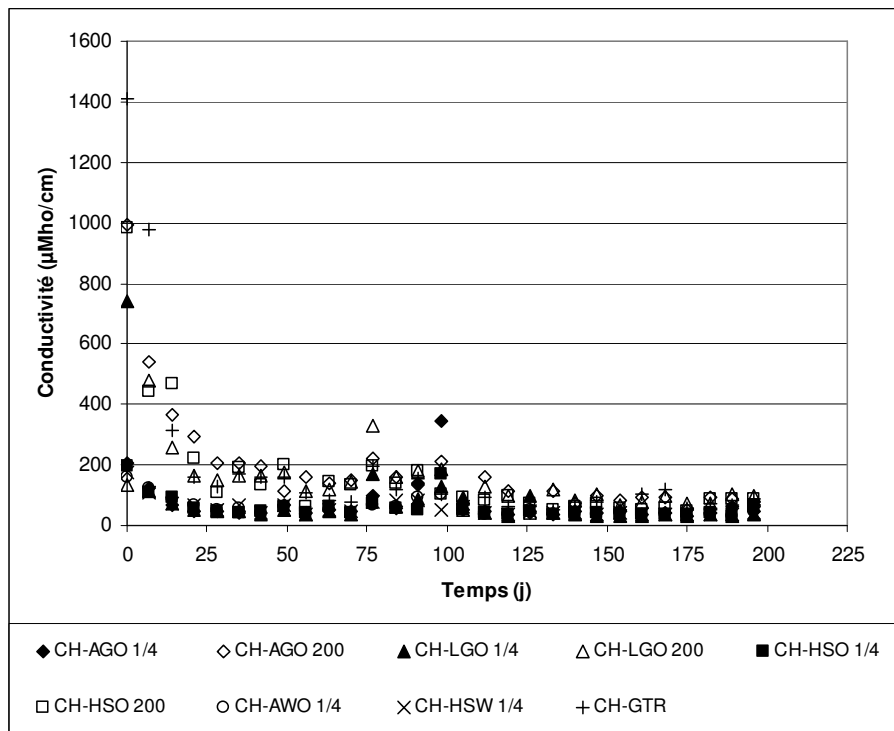
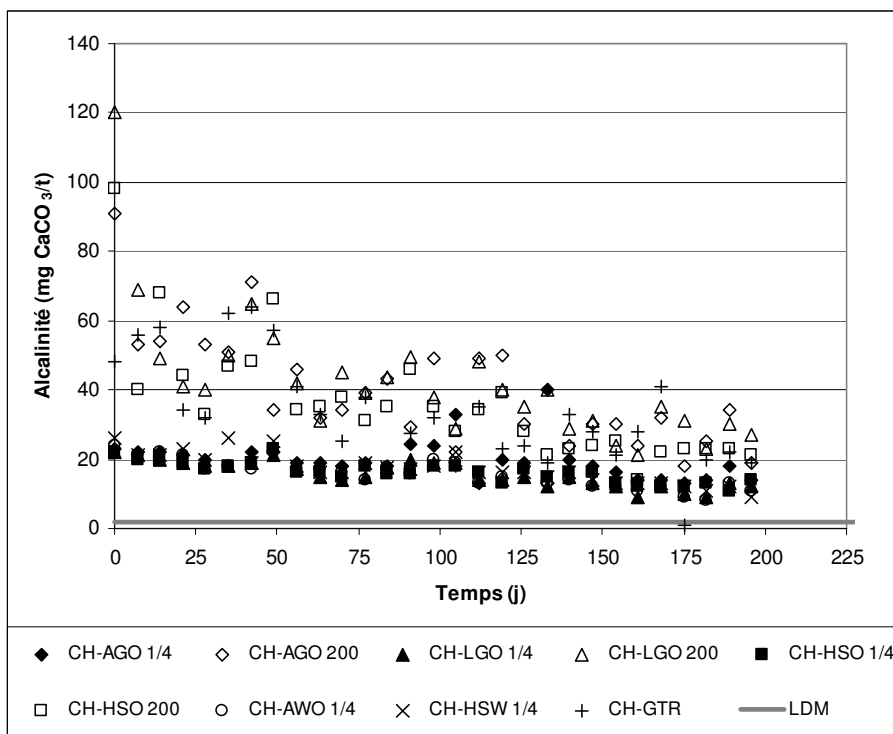
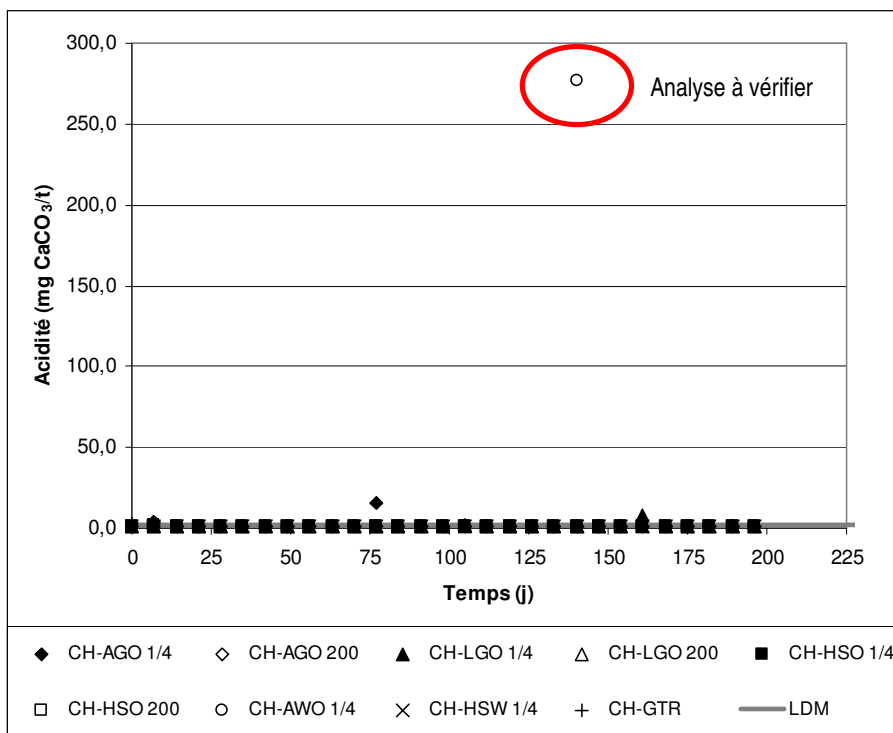


Figure 2 : Évolution de la conductivité dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

L'acidité (figure 3) est demeurée faible dans tous les rinçages pour toutes les cellules. Un point aberrant est à vérifier dans le cas de la cellule CH-AWO 1/4.

L'alcalinité (figure 4) est demeurée supérieure à l'acidité dans chacune des 9 cellules.

Ces deux dernières observations vont dans le même sens que les pH élevés rencontrés.



Les figures 5 à 10 présentent les évolutions des concentrations des métaux du tableau 1 de la directive 019. En observant ces figures, on constate qu'il n'y a pas dépassement des concentrations moyennes acceptables à l'effluent final de la directive 019. Un seul cas d'exception est le dépassement (0,6899 mg Ni/L contre un maximum de 0,5 mg Ni/L) de la concentration maximale en Ni dans le rinçage de la 13<sup>e</sup> semaine de la cellule CH-HSO 200. Il s'agit là d'un incident isolé qui ne marque aucune tendance, car les rinçages subséquents ont démontré des concentrations faibles en Ni.

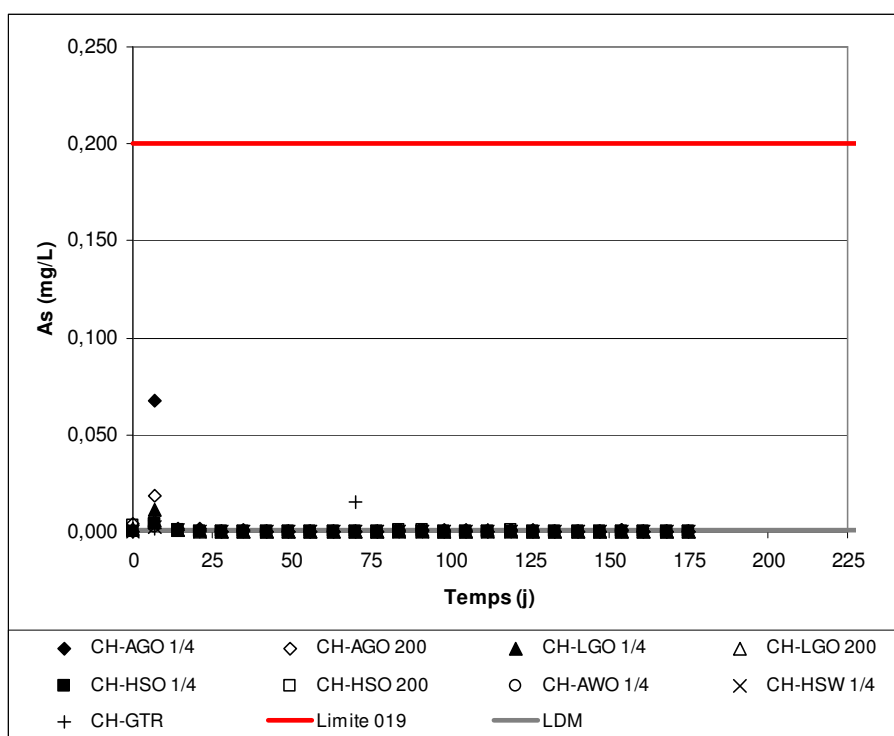


Figure 5 : Évolution de l'arsenic dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

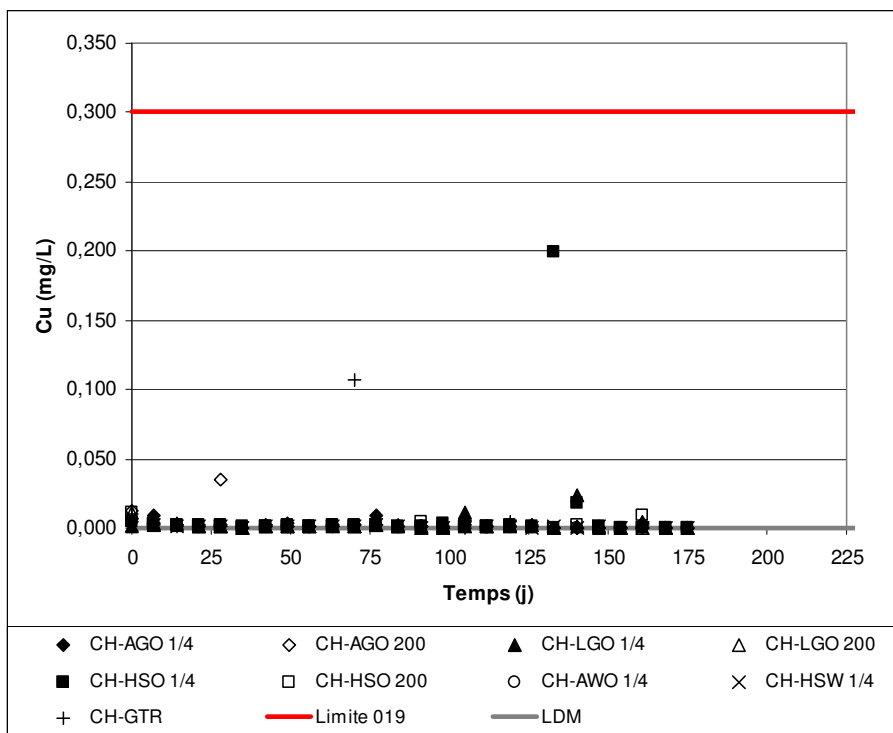


Figure 6 : Évolution du cuivre dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

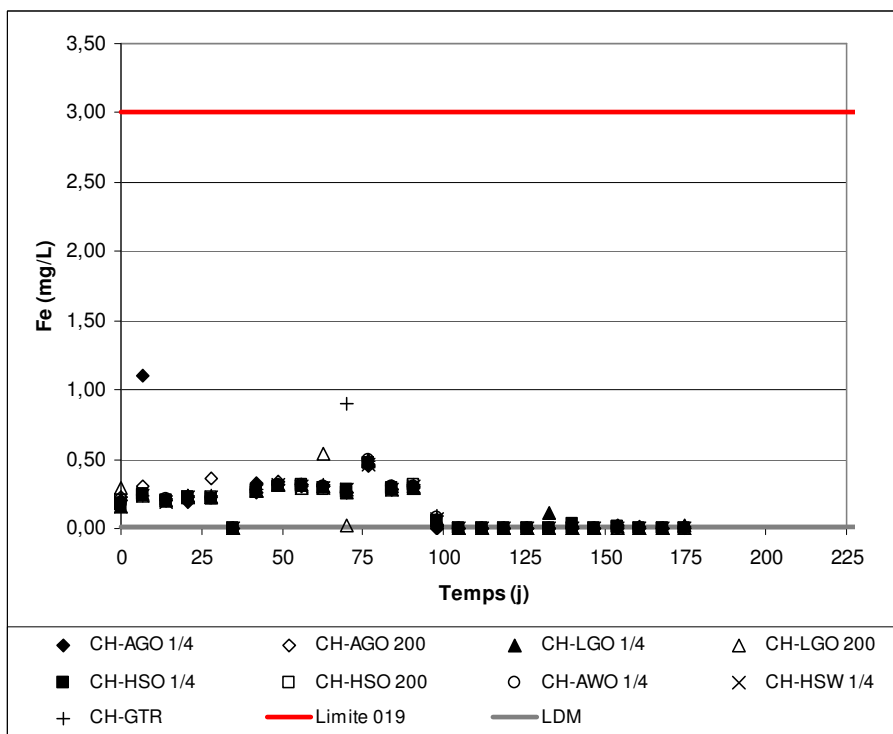


Figure 7 : Évolution du fer dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

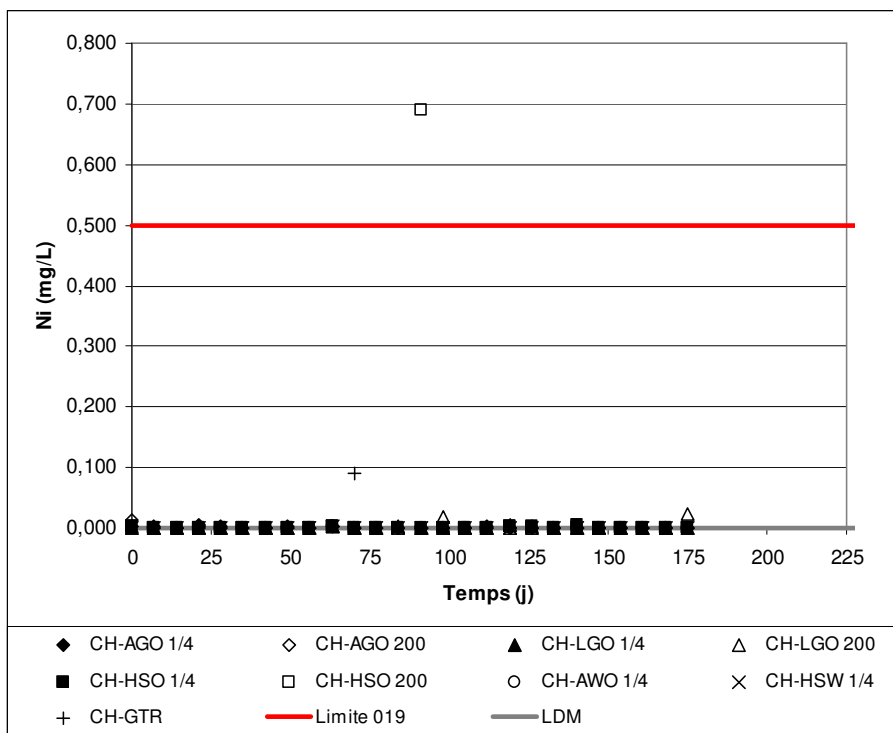


Figure 8 : Évolution du nickel dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

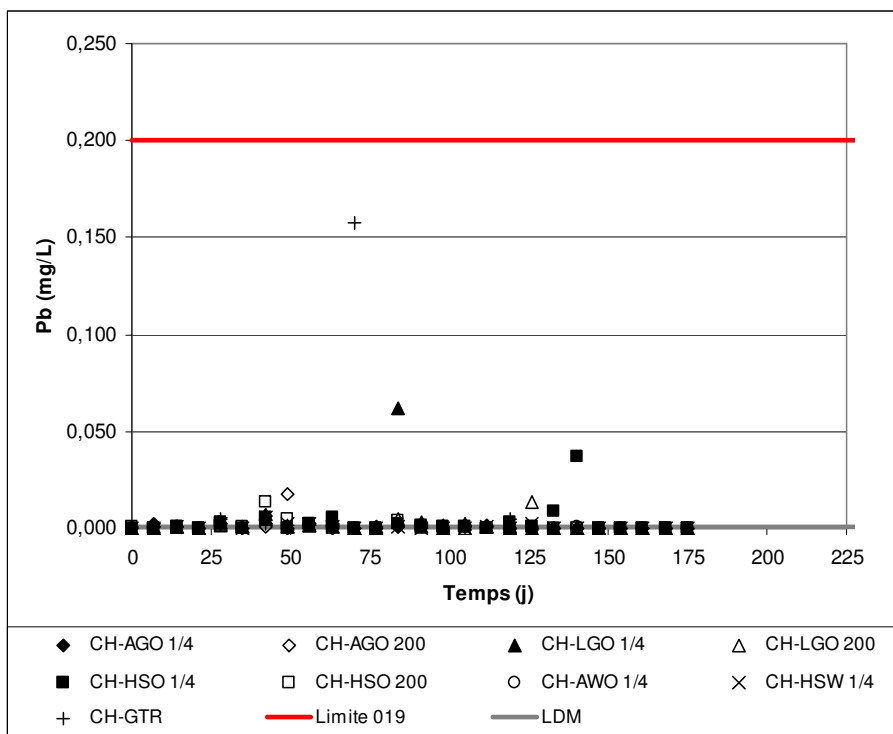


Figure 9 : Évolution du plomb dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

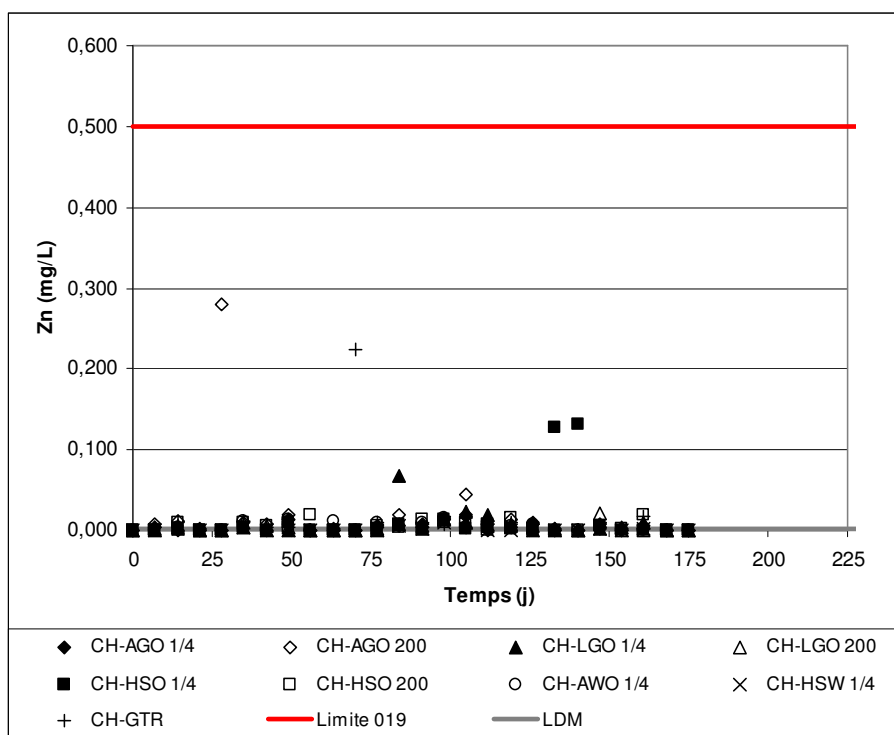


Figure 10 : Évolution du zinc dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

La figure 11 montre l'évolution des concentrations en sulfates dans les eaux de rinçages. On remarque que les concentrations en sulfates semblaient s'être stabilisées dans les derniers rinçages. Dans les rinçages 26, 27 et 28 des cellules représentant les matériaux grossiers, les concentrations obtenues en sulfates ont augmenté.

Cette observation est appuyée par les comportements des charges cumulées en sulfates (figures 12 et 13). On observe à la figure 12 que les sulfates ont atteint des taux lixiviation stables dans les cellules représentant les matériaux fins (cellules « 200 » et GTR).

On peut observer à la figure 13 que les taux de réaction menant au largage des sulfates semblent avoir augmenté dans les rinçages 26, 27 et 28.

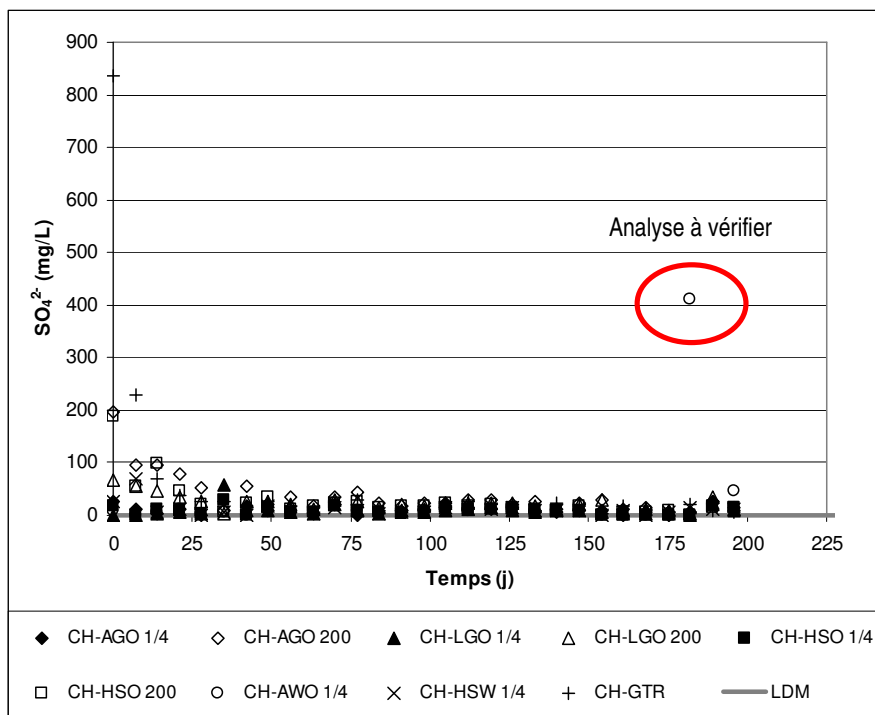


Figure 11 : Évolution des sulfates dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité

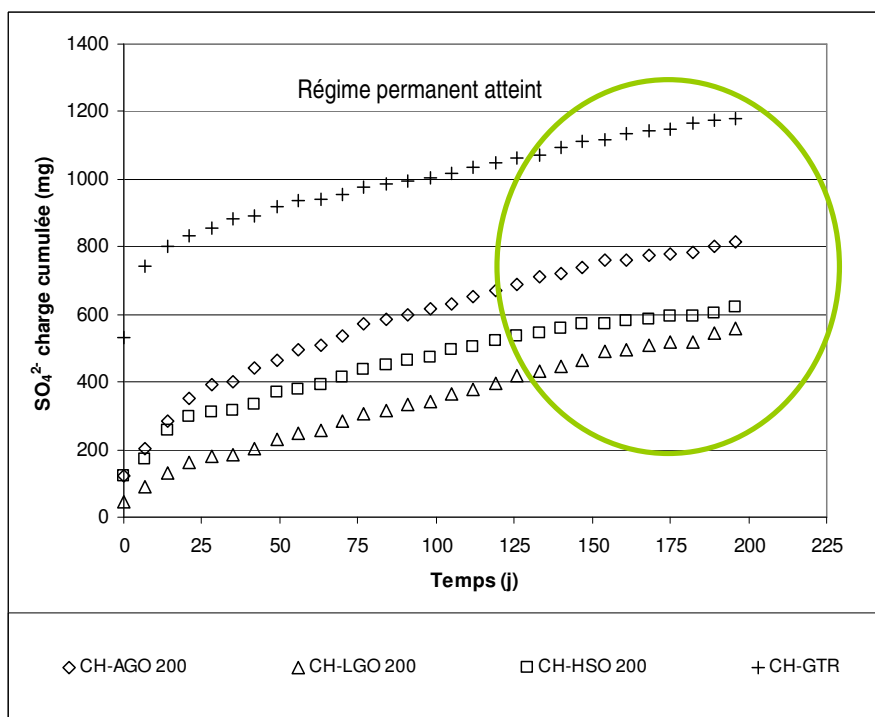


Figure 12 : Évolution des charges cumulatives en sulfates dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité réalisées sur les matériaux fins



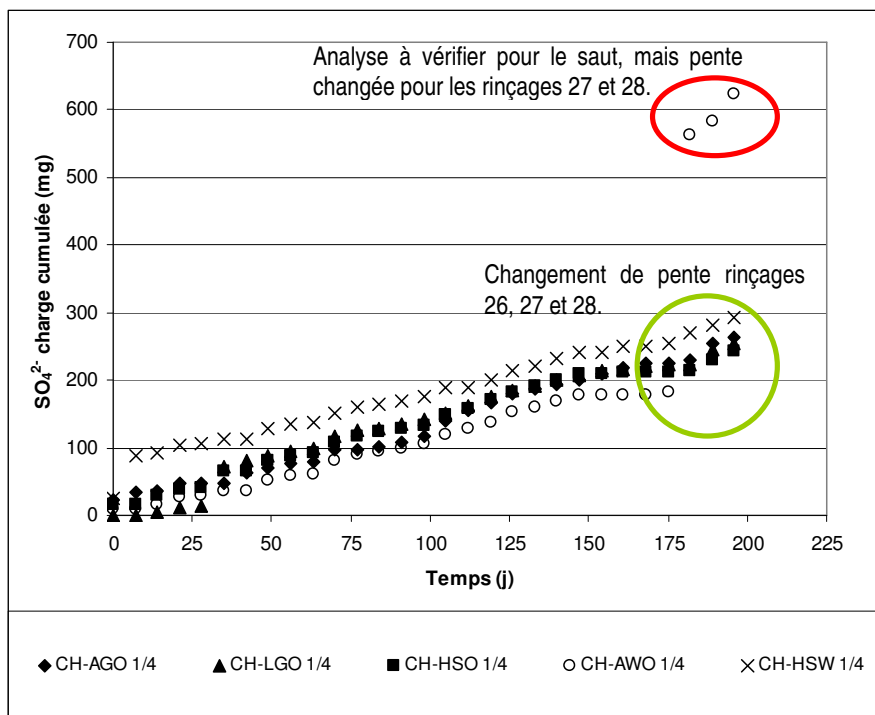


Figure 13 : Évolution des charges cumulées en sulfates dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité réalisées sur les matériaux grossiers

Les comportements des charges cumulées et additionnées en Ca, Mg et Mn indiquent pour leur part que le régime permanent était atteint au 25 rinçage. Nous n'avons par pour l'instant les mesures en Ca, Mg et Mn disponibles pour les rinçages 26, 27 et 28 afin de comparer leur comportement à celui du soufre.

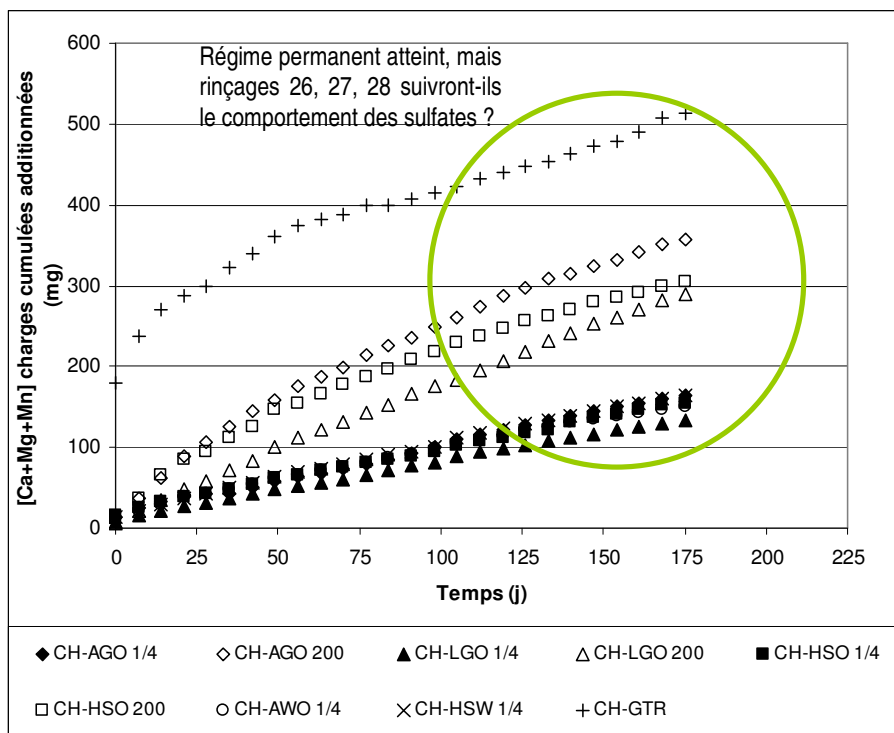


Figure 14 : Évolution des charges cumulées en Ca, Mg et Mn additionnées dans les eaux de rinçage des cellules d'humidité réalisées sur les matériaux grossiers

### 4.3 Classification des matériaux selon l'annexe 2 de la directive 019

La présente section vérifie les matériaux étudiés en fonction des définitions des résidus miniers présents à l'annexe 2 de la directive 019. Notamment les définitions des résidus miniers à faible risques, résidus miniers lixiviables, résidus miniers à risque élevé.

#### 4.3.1 Résidus miniers à faibles risques

La définition de la *Directive 019* est la suivante : « Il s'agit de résidus miniers dont les concentrations en métaux n'excèdent pas les critères de niveau A indiqués au tableau 1 de l'annexe 2 de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Ces critères représentent les teneurs de fond qui prévalent pour la province géologique des Basses-terres du Saint-Laurent. Pour les autres provinces géologiques, les teneurs de fond sont présentées au tableau 2 de cette même annexe. »

Les *tableaux 5* et *6* (deux prochaines pages) comparent les concentrations en métaux obtenues des analyses chimiques des minerais et des rejets aux Teneurs de fond pour le Secteur Supérieur.

Tableau 5 : Comparaison des résultats des analyses chimiques des minerais aux Teneurs de fond pour le Secteur Supérieur

Élément	Unité	LDM	Teneur de fond <sup>1</sup>	Average Grade Ore PO Comp B (#U5864)	Average Waste GR Comp B (#U5878)	Low Grade Ore Overall Comp B (#U5871)	High Sulphide Ore Overall Comp B (#U5875)	Average Waste Overall Comp B (#U5879)	High Sulphide Waste Overall Comp B (#U5882)	C-1 (#U6650)	C-3 (#U6651)
Ag	(mg/kg)	0,05	0,5	1,1	1,4	1,1	1,1	0,95	1,3	0,8	1,4
As	(mg/kg)	0,05	5	0,91	1,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,73	1,1
Ba	(mg/kg)	0,01	200	183	134	144	45,3	119	96,3	77,2	99,4
Cd	(mg/kg)	0,005	0,9	9,76	0,703	0,035	0,037	<0,005	3,445	0,139	0,116
Co	(mg/kg)	n/d	20	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Cr	(mg/kg)	0,05	85	61,3	155	106	42,5	101	94,9	103	103
Cu	(mg/kg)	0,05	50	28,9	68,1	21,1	22	40,2	50,7	65,3	57,8
Sn	(mg/kg)	n/d	5	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Mn	(mg/kg)	0,05	1000	267	323	281	242	261	291	329	359
Hg	(mg/kg)	0,01	0,3	0,82	45,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,195	0,138
Mo	(mg/kg)	0,05	6	1	5,5	n/d	n/d	n/d	n/d	3,4	6,7
Ni	(mg/kg)	0,05	50	27,2	71,7	55,6	34,6	65,3	63	79,4	88,8
Pb	(mg/kg)	0,05	40	12,2	16,3	14,8	8	11,3	10,8	9,1	8,7
Se	(mg/kg)	0,05	3	0,4	1,1	0,35	<0,05	0,36	<0,05	<0,05	<0,05
Zn	(mg/kg)	0,05	120	58	51	52,2	63,3	114	82,8	62,6	44,9
<b>Risque faible</b>				Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non

Légende :

  Dépassement de la Teneur de fond applicable dans le Secteur Supérieur de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés

  Valeur sous la Teneur de fond applicable dans le Secteur Supérieur de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés

<sup>1</sup> : Teneurs de fond pour le Secteur Supérieur dans : Annexe 2, Tableau 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP

n/d : non déterminé

On observe au *tableau 5* aucun des minerais à l'étude ne peut être considéré comme « résidu minier à faible risque ».

Tableau 6 : Comparaison des résultats des analyses chimiques des rejets aux Teneurs de fond pour le Secteur Supérieur

Élément	Unité	LDM	Teneur de fond <sup>1</sup>	Low Grade Residue Comp (#U6768)	Low Grade Residue Comp +270 B (#U6769)	Low Grade Residue Comp -270 B (#U6770)	Average Grade Residue Comp (#U6771)	Average Grade +270 B (#U6772)	Average Grade -270 B (#U6773)
Ag	(mg/kg)	0,05	0,5	0,41	0,37	0,21	0,32	0,28	0,21
As	(mg/kg)	0,05	5	8	2,9	8,9	1,8	1,2	1
Ba	(mg/kg)	0,01	200	122	72,4	153	95,3	54,2	92,4
Cd	(mg/kg)	0,005	0,9	0,232	0,099	0,157	0,143	9,359	0,141
Co	(mg/kg)	n/d	20	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Cr	(mg/kg)	0,05	85	103,1	74,8	114,5	90	57,4	77,3
Cu	(mg/kg)	0,05	50	41	25,4	42,1	32,3	16,7	33,8
Sn	(mg/kg)	n/d	5	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Mn	(mg/kg)	0,05	1000	393	280	453	370	224	350
Hg	(mg/kg)	0,01	0,3	0,101	0,041	0,052	0,183	0,085	0,176
Mo	(mg/kg)	0,05	6	4	3,3	4,3	2,5	1,4	2,5
Ni	(mg/kg)	0,05	50	60	52,5	53,2	50,8	38	45,4
Pb	(mg/kg)	0,05	40	11,8	6,5	12,3	11,3	9,6	10,5
Se	(mg/kg)	0,05	3	0,48	<0,05	0,33	0,18	<0,05	<0,05
Zn	(mg/kg)	0,05	120	83,7	46,6	78,4	76,2	44,3	88,4
<b>Risque faible</b>				Non	Non	Non	Non	Non	Oui

Légende :

  Dépassement de la Teneur de fond applicable dans le Secteur Supérieur de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés

  Valeur sous la Teneur de fond applicable dans le Secteur Supérieur de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés

<sup>1</sup> : Teneurs de fond pour le Secteur Supérieur dans : Annexe 2, Tableau 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP

n/d : non déterminé

On observe au *tableau 6* que seul le rejet Average Grade -270 B peut être considéré comme « résidu minier à faible risque », tous les autres dépassent au moins une des teneurs de fond.

#### 4.3.2 Résidus miniers lixiviables

La *Directive 019* définit les résidus miniers lixiviables de la façon suivante : « Il s'agit de résidus miniers qui, lorsqu'ils sont mis à l'essai conformément à la méthode d'analyse de lixiviation MA.100-Lix.com.1.0 (TCLP), produisent un lixiviat contenant un contaminant dont la concentration est supérieure aux critères applicables pour la protection des eaux souterraines. » Les *tableaux 7 et 8* (pages 21 et 22) présentent la comparaison des concentrations moyennes obtenues suite aux extractions MA.100-Lix.com.1.0 (TCLP) en triplicata avec les critères applicables pour la protection des eaux souterraines.

On remarque aux *tableaux 7 et 8* que tous les matériaux à l'étude se qualifient en tant que « résidus miniers lixiviables ».

#### 4.3.3 Résidus miniers à risques élevés

On trouve dans la *Directive 019* la définition suivante : « Il s'agit de résidus miniers : [...] qui produisent un lixiviat<sup>1</sup> contenant un contaminant dont la concentration est supérieure aux critères spécifiés » dans le Tableau 1 de l'Annexe 2 de la *Directive 019*. Les *tableaux 9 et 10* (pages 23 et 24) présentent la comparaison des concentrations moyennes obtenues suite aux extractions MA.100-Lix.com.1.0 (TCLP) en triplicata avec aux critères de la directive 019.

On observe aux *tableaux 9 et 10* qu'aucun des matériaux à l'étude ne peut être qualifié de « résidu minier à risques élevés ».

---

<sup>1</sup> Suite à une lixiviation MA.100-Lix.com.1.0 (TCLP)

Tableau 7 : Comparaison des résultats des concentrations moyennes au lixiviat TCLP des échantillons de minerais avec les critères applicables pour la protection des eaux souterraines

Pramètre	Unités	LDM	Critère <sup>1</sup>	Average Grade Ore PO Comp B (#U5864)	Average Waste GR Comp B (#U5878)	Low Grade Ore Overall Comp B (#U5871)	High Sulphide Ore Overall Comp B (#U5875)	Average Waste Overall Comp B (#U5879)	High Sulphide Waste Overall Comp B (#U5882)	C-1 (#U6650)	C-3 (#U6651)
Al	(mg/L)	0,002	<b>0,75</b>	7,080	0,211	0,191	4,780	0,170	5,330	0,126	3,483
As	(mg/L)	0,0005	<b>0,255</b>	0,0011	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,00075
Ba	(mg/L)	0,0005	<b>1</b>	0,3397	0,5624	0,7164	1,3890	1,2090	0,9686	0,9680	0,9041
Cd	(mg/L)	0,0001	<b>0,0020</b>	0,0002	<b>0,0020</b>	0,0014	<b>0,0033</b>	0,0020	<b>0,0031</b>	0,0017	<b>0,0026</b>
Co	(mg/L)	n/d	<b>0,5</b>	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0,0013	0,0077
Cr (total)	(mg/L)	0,0006	<b>0,05</b>	0,2574	0,0036	0,0054	0,0482	0,0026	0,0485	<0,0006	0,0353
Cu	(mg/L)	0,0005	<b>0,0070</b>	0,1157	<b>0,0324</b>	<b>0,0312</b>	0,1347	0,0341	<b>0,0583</b>	<b>0,3641</b>	<b>0,5602</b>
Hg	(mg/L)	0,00002	<b>0,00013</b>	<0,00002	<0,00002	0,00002	0,00002	<0,00002	<0,00002	0,00004	<0,00002
Mg	(mg/L)	0,02	<b>0,503</b>	19,80	12,00	11,90	56,10	8,20	29,00	7,53	17,30
Mo	(mg/L)	0,0005	<b>0,07</b>	<0,0005	0,0059	0,0045	<0,0005	0,0025	<0,0005	0,0011	<0,0005
Ni	(mg/L)	0,0005	<b>0,205</b>	0,0751	0,0393	0,0580	0,1124	0,0213	0,0404	0,0111	0,18597
Pb	(mg/L)	0,0005	<b>0,01</b>	<b>0,0331</b>	<b>0,0146</b>	<b>0,0080</b>	<b>0,0769</b>	<b>0,0115</b>	<b>0,0893</b>	<b>0,0130</b>	<b>0,0809</b>
Sb (total)	(mg/L)	n/d	<b>0,006</b>	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Se	(mg/L)	0,001	<b>0,01</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Zn	(mg/L)	0,001	<b>0,676</b>	0,212	0,036	0,042	0,142	0,051	0,099	0,184	0,205
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	(mg N/L)	0,05	<b>0,007</b>	0,16	0,25	0,14	0,16	0,41	0,17	0,04	0,05
Chlorures (Cl)	(mg/L)	0,5	<b>860</b>	5,32	7,82	10,45	5,63	8,75	4,12	24,7	9,2
Fluorures totaux	(mg/L)	0,1	<b>1,5</b>	0,5	0,4	0,2	0,5	0,3	0,7	0,1	0,2
Nitrate (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	(mg N/L)	0,01	<b>200</b>	<0,01	0,02	0,02	9,40	0,01	22,70	0,04	<0,01
Nitrite (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	(mg N/L)	0,01	<b>0,608</b>	<0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Nitrate + nitrite	(mg N/L)	0,02	<b>10</b>	<0,02	0,03	0,04	9,41	0,02	<b>22,71</b>	0,06	0,02
Phosphore total (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	(mg/L)	0,01	<b>30</b>	0,05	0,09	0,08	0,08	0,05	0,06	0,05	0,03
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	(mg H <sub>2</sub> S/L)	0,03	<b>0,2</b>	0,13	<b>0,21</b>	0,09	0,16	0,13	0,18	<0,03	<0,03
Lixivable				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Légende :

Texte gris : sous la limite de détection, la moitié de la limite de détection est alors rapportée.

Dépassement du Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

Valeur sous le Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

1 : Tirés de la Grille des critères applicables aux cas de contamination des eaux souterraines de l'Annexe 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP

n/d : non déterminé

Tableau 8 : Comparaison des résultats des concentrations moyennes au lixiviat TCLP des échantillons de rejets avec les critères applicables pour la protection des eaux souterraines

Pramètre	Unités	LDM	Critère <sup>1</sup>	Low Grade Residue Comp (#U6768)	Low Grade Residue Comp +270 B (#U6769)	Low Grade Residue Comp -270 B (#U6770)	Average Grade Residue Comp (#U6771)	Average Grade +270 B (#U6772)	Average Grade -270 B (#U6773)
Al	(mg/L)	0,002	<b>0,75</b>	2,78	0,22	2,92	4,11	0,268	4,26
As	(mg/L)	0,0005	<b>0,255</b>	0,008	<0,0005	0,006	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Ba	(mg/L)	0,0005	<b>1</b>	1,054	0,6405	2,0767	1,1033	0,6013	1,4907
Cd	(mg/L)	0,0001	<b>0,0020</b>	0,0028	0,0014	0,0029	0,0029	0,0015	0,0031
Co	(mg/L)	n/d	<b>0,5</b>	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Cr (total)	(mg/L)	0,0006	<b>0,05</b>	0,0192	0,0024	0,0645	0,0198	0,0022	0,0374
Cu	(mg/L)	0,0005	<b>0,0070</b>	0,0176	0,0549	0,0877	0,0149	0,0449	0,0630
Hg	(mg/L)	0,00002	<b>0,00013</b>	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
Mg	(mg/L)	0,02	<b>0,503</b>	14,50	4,40	12,47	24,83	5,60	23,90
Mo	(mg/L)	0,0005	<b>0,07</b>	<0,0005	0,0019	<0,0005	<0,0005	0,0015	<0,0005
Ni	(mg/L)	0,0005	<b>0,205</b>	0,0272	0,0082	0,0676	0,0278	0,0055	0,0547
Pb	(mg/L)	0,0005	<b>0,01</b>	0,0243	0,0056	0,0357	0,0250	0,0040	0,0274
Sb (total)	(mg/L)	n/d	<b>0,006</b>	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Se	(mg/L)	0,001	<b>0,01</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zn	(mg/L)	0,001	<b>0,676</b>	0,208	0,050	0,302	0,515	0,085	0,563
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	(mg/L)	0,05	<b>0,007</b>	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Chlorures (Cl)	(mg/L)	0,5	<b>860</b>	9,2	15,0	9,7	16,3	11,7	17,9
Fluorures totaux	(mg/L)	0,1	<b>1,5</b>	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1
Nitrate (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	(mg/L)	0,01	<b>200</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrite (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	(mg/L)	0,01	<b>0,608</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrate + nitrite	(mg/L)	0,02	<b>10</b>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Phosphore total (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	(mg/L)	0,01	<b>30</b>	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	(mg/L)	0,03	<b>0,2</b>	<0,03	<0,03	0,05	0,03	0,03	0,05
Lixivable				Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Légende :

Texte gris : sous la limite de détection, la moitié de la limite de détection est alors rapportée.

Dépassement du Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

Valeur sous le Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

1 : Tirés de la Grille des critères applicables aux cas de contamination des eaux souterraines de l'Annexe 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP

n/d : non déterminé

Tableau 9 : Comparaison des concentrations moyennes dans les lixiviats TCLP des échantillons de minerais aux critères du Tableau 1 de l'Annexe 2 de la Directive 019

Pramètre	Unités	LDM	Critère <sup>1</sup>	Average Grade Ore PO Comp B (#U5864)	Average Waste GR Comp B (#U5878)	Low Grade Ore Overall Comp B (#U5871)	High Sulphide Ore Overall Comp B (#U5875)	Average Waste Overall Comp B (#U5879)	High Sulphide Waste Overall Comp B (#U5882)	C-1 (#U6650)	C-3 (#U6651)
As	(mg/L)	0,0005	5,0	0,0011	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008
Ba	(mg/L)	0,0005	100	0,3397	0,5624	0,7164	1,3890	1,2090	0,9686	0,9680	0,9041
B	(mg/L)	n/d	500	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Cd	(mg/L)	0,0001	0,5	0,0002	0,0020	0,0014	0,0033	0,0020	0,0031	0,0017	0,0026
Cr (total)	(mg/L)	0,0006	5,0	0,2574	0,0036	0,0054	0,0482	0,0026	0,0485	<0,0006	0,0353
Hg	(mg/L)	0,00002	0,1	<0,00002	<0,00002	0,00002	0,00002	<0,00002	<0,00002	0,00004	<0,00002
Pb	(mg/L)	0,0005	5,0	0,0331	0,0146	0,0080	0,0769	0,0115	0,0893	0,0130	0,0809
Se	(mg/L)	0,001	1,0	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Fluorures totaux	(mg/L)	0,1	150	0,5	0,4	0,2	0,5	0,3	0,7	0,1	0,2
Nitrate (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	(mg N/L)	0,01	n/a	<0,01	0,02	0,02	9,40	0,01	22,70	0,04	<0,01
Nitrite (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	(mg N/L)	0,01	100	<0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Nitrate + nitrite	(mg N/L)	0,02	1000	<0,02	0,03	0,04	9,41	0,02	22,71	0,06	0,02
<b>Risque élevé</b>				Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non

Légende :

Texte gris : sous la limite de détection, la moitié de la limite de détection est alors rapportée.

  Dépassement du Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

  Valeur sous le Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

<sup>1</sup> : Tirés de la Grille des critères applicables aux cas de contamination des eaux souterraines de l'Annexe 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP

n/a : ne s'applique pas

n/d : non déterminé



Tableau 10 : Comparaison des concentrations moyennes dans les lixiviats TCLP des échantillons de rejets aux critères du Tableau 1 de l'Annexe 2 de la Directive 019

Pramètre	Unités	LDM	Critère <sup>1</sup>	Low Grade Residue Comp (#U6768)	Low Grade Residue Comp +270 B (#U6769)	Low Grade Residue Comp -270 B (#U6770)	Average Grade Residue Comp (#U6771)	Average Grade +270 B (#U6772)	Average Grade -270 B (#U6773)
As	(mg/L)	0,0005	<b>5,0</b>	0,0082	<0,0005	0,0056	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Ba	(mg/L)	0,0005	<b>100</b>	1,0540	0,6405	2,0767	1,1033	0,6013	1,4907
B	(mg/L)	n/d	<b>500</b>	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
Cd	(mg/L)	0,0001	<b>0,5</b>	0,0028	0,0014	0,0029	0,0029	0,0015	0,0031
Cr (total)	(mg/L)	0,0006	<b>5,0</b>	0,0192	0,0024	0,0645	0,0198	0,0022	0,0374
Hg	(mg/L)	0,00002	<b>0,1</b>	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
Pb	(mg/L)	0,0005	<b>5,0</b>	0,0243	0,0056	0,0357	0,0250	0,0040	0,0274
Se	(mg/L)	0,001	<b>1,0</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fluorures totaux	(mg/L)	0,1	<b>150</b>	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1
Nitrate (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	(mg/L)	0,01	n/a	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrite (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	(mg/L)	0,01	<b>100</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrate + nitrite	(mg/L)	0,02	<b>1000</b>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
<b>Risque élevé</b>				Non	Non	Non	Non	Non	Non

Légende :

Texte gris : sous la limite de détection, la moitié de la limite de détection est alors rapportée.

  Dépassement du Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

  Valeur sous le Critère applicable aux cas de contamination des eaux souterraines

1 : Tirés de la Grille des critères applicables aux cas de contamination des eaux souterraines de l'Annexe 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés du MDDEP

n/a : ne s'applique pas

n/d : non déterminé

## 5. Conclusions et recommandations

En plus des conclusions déjà relatés dans le rapport d'étape précédent, ajoutons :

- Les résultats des essais statiques sont partiels et ne permettent pas de statuer sur la nature acidogène des nouveaux matériaux à l'étude.
- Dans les conditions de l'essai en cellule d'humidité, aucun matériel n'a généré d'acidité au cours des 25 premières semaines
- Dans les conditions de l'essai en cellule d'humidité, les eaux de rinçage sont peu chargées en métaux et les eaux de rinçages (sauf un incident isolé) satisfont les exigences au point de déversement final de la directive 019.
- En se basant sur le comportement des charges cumulées en sulfates et en Ca, Mg et Mn, il est recommandé de poursuivre les essais en cellules sur les matériaux grossiers (CH-AGO 1/4, CH-LGO 1/4, CH-HSO 1/4, CH-AWO 1/4 et CH-HSW 1/4) jusqu'à stabilisation des taux de largages des sulfates.
- En se basant sur le comportement des charges cumulées en sulfates et en Ca, Mg et Mn, il est possible d'arrêter les essais en cellules sur les matériaux fins (CH-AGO 200, CH-LGO 200, CH-HSO 200 et CH-GTR).
- Aucun des matériaux étudiés ne peut être considéré comme « résidu minier à faible risque » selon les définitions de la directive 019.
- Tous les matériaux étudiés peuvent être considérés « résidu minier lixiviables » selon les définitions de la directive 019.
- Aucun des matériaux étudiés ne se qualifie en tant que « résidu minier à risques élevés » selon les définitions de la directive 019.

Au niveau des recommandations, notons :

- Il est recommandé d'attendre les résultats complets des essais statiques de prédiction du potentiel de génération d'acide avant de conclure sur la nature des nouveaux minerais et des rejets. Dès que ceux-ci deviendront disponibles, ils seront communiqués au client.
- Il est recommandé de poursuivre les essais en cellule d'humidité sur les échantillons grossiers (cellules portant la mention « 1/4 ») afin d'attendre la stabilisation des taux de réaction des sulfates.
- Le choix d'arrêter ou non les essais en cellules d'humidité pour les matériaux fins (cellules avec mention « 200 » et GTR) revient au client, mais selon nous, elles ont atteint leur régime permanent et les modèles d'extrapolation pourront être

utilisées sur les résultats des 30 rinçages complets pour augmenter la précision des extrapolations du potentiel de génération d'acidité à long terme.

## 6. Références

*Directive 019 sur l'industrie minière*, Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, Service des eaux industrielles, Envirodoq : ENV/2005/0120.

VILLENEUVE, M. (2008). Rapport d'étape, PU-2007-09-367, Osisko - Canadian Malartic : caractérisation environnementale d'échantillons post-essais minéralurgiques. Rapport de service remis au client en juillet 2008.