



## Note technique

**Objet : Informations sur les réactifs utilisés dans le cadre du projet minier Matawinie**

**Date : 7 février 2020**

---

En réponse à une demande faite lors de la séance des audiences publiques, la note technique donne l'information demandée sur les réactifs utilisés, ou possiblement utilisés, dans le cadre du projet minier Matawinie. Ces produits seront utilisés soit à l'usine de traitement du minerai, à l'usine de désulfuration ou à l'usine de traitement des eaux.

Les données fournies dans cette note technique sont extraites de la documentation disponible à ce jour. La consommation des différents réactifs à l'usine de traitement des eaux prend en compte un scénario conservateur dans lequel l'oxydation des sulfures aurait lieu.

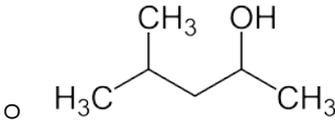
### Produits chimiques utilisés au concentrateur et à l'usine de désulfuration

#### Diesel

- **Formule chimique :**
  - $C_{12}H_{24}$  (allant en réalité approximativement de  $C_{10}H_{22}$  à  $C_{15}H_{28}$ )
- **Utilisation :**
  - Agent collecteur pour la flottation du graphite
- **Consommation estimée du réactif :**
  - 95 gramme/tonne de minerai
  - 580 kg/jour
  - 212 tonnes/an
- **Où se retrouve-il après son utilisation :**
  - Au séchage du graphite, la majorité du diesel est évaporée. S'il y a du diesel résiduel il sera dans le concentré de graphite. Il est en deçà des limites de détection dans l'eau de procédé au projet de démonstration.
- **Produits de décomposition :**
  - Peut dégager des  $CO_x$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $H_2S$ ,  $H_2O$ , de la fumée et des vapeurs irritantes lorsqu'il est chauffé jusqu'à décomposition.

- **Critère Directive 019 :**
  - Concentration maximale acceptable à l'effluent : 2 mg/l Hydrocarbures (C10-C50)

### Methyl isobutyl carbinol (MIBC)

- **Formule chimique :**
  - $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
  - 
- **Utilisation :**
  - Agent moussant dans la flottation du graphite et des sulfures.
- **Consommation estimée du réactif :**
  - 130 g/tonne
  - 837 kg/jour
  - 305, tonnes/an
- **Où se retrouve-t-il après son utilisation :**
  - Dans le concentré de graphite et le concentré de sulfures.
- **Persistance et dégradabilité :** [Bach, L. et al. 2016]
  - Dans l'environnement, la photo-dégradation et biodégradation du MIBC limite son impact. Sa durée de demi-vie est estimée à 10 heures [US EPA, 2008]. Des études sur sa biodégradation ont montré que 94% du MIBC se dégradait après 20 jours.
- **Bioaccumulation :** [Bach, L. et al. 2016]
  - Sur base du coefficient de partition Kow (de 1.68) et d'autres paramètres physiques et chimiques, la bioaccumulation du MIBC est relativement basse (US EPA, 2008).
- **Toxicité sur les organismes aquatiques :** [Bach, L. et al. 2016]
  - Sur base des données disponible, MIBC montre une faible toxicité sur les organismes aquatiques.

## Potassium amyl xanthate (PAX)

- **Formule chimique :**
  - $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COCS}_2\text{K}$
- **Utilisation :**
  - Agent collecteur utilisé pour la flottation des sulfures.
- **Consommation estimée du réactif :**
  - 100 g/tonne
  - 644 kg/jour
  - 235 tonnes/an
- **Où se retrouve-t-il après son utilisation :**
  - Majoritairement dans le concentré de sulfures et l'excédent est recirculé dans l'eau de procédé. Voir la note technique SNC (2019) à la fin du document pour sa dégradation dans les bassins de collecte.
- **Réaction de dégradation :**
  - Tel qu'il était recommandé et prévu à la suite de l'étude de faisabilité et dans le cadre du projet de démonstration, nous sommes à évaluer la pertinence d'ajouter un bassin supplémentaire pour une dégradation optimale du PAX résiduel dans le concentré de sulfure.
  - Voir la note technique de SNC-Lavalin à la fin du document pour la dégradation dans les bassins collecteurs.
  - Les résultats d'un test dans le cadre de l'étude de l'estimation de la qualité d'eau brute du projet commercial dans l'eau de procédé en décembre 2018, les résultats ont confirmé que le PAX se dégrade rapidement (SGS, 2018) :

Sample ID	Xanthate as PAX mg/L
1: Preserved	31
2: Not Preserved 8 hour	< 5
3: Not Preserved 24 hour	---

### Produits de dégradation :

- Pentan-1-ol
- Disulfure de carbone

### Sous-produit - pentan-1-ol

- **Formule chimique :**
  - $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$

- **Informations environnementales** : [Sigma-Aldrich, 2019b]
  - Toxicité pour les poissons : CL50 - Danio rerio (poisson zèbre) - 530 mg/L - 96 h (OCDE ligne directrice 203)
  - Toxicité pour la daphnie et les autres invertébrés aquatiques : CE50 - Daphnia magna<sup>1</sup> (Grande daphnie) - 341 mg/L - 48 h. Remarques : (IUCLID)
  - Toxicité pour les algues : IC5 - Scenedesmus quadricauda (algues vertes) - 260 mg/L - 8 jr. Remarques : (IUCLID)
  - Toxicité pour les bactéries : microtox test CE50 - Photobacterium phosphoreum (Bactéries lumineuses) - 394 mg/L - 30 min. Remarques : (IUCLID)
  
- **Persistance et biodégradabilité** : [PubChem, 2020a]
  - Selon les données disponibles, le produit se dégrade en milieu aérobique et anaérobique. Le potentiel de bioaccumulation dans le milieu aquatique est considéré comme étant bas.
  - Dans l'atmosphère, sa demi-vie est estimée à 2 jours à 25°C. Le produit est peu sensible à l'hydrolyse. Le mécanisme de dégradation principal est la réaction avec des radicaux hydroxyles.
  
- **Information supplémentaire** : [PubChem, 2020a]
  - Le pentan-1-ol est utilisé dans l'industrie alimentaire comme additif de modification de saveur. Il est aussi présent naturellement dans certains fromages bleus, les nectarines et les fleurs de kiwi.

#### Sous-produit disulfure de carbone

- **Formule chimique** :
  - CS<sub>2</sub>
  
- **Informations environnementales** :
  - Toxicité pour les poissons : Essai en semi-statique CL50 - Danio rerio (poisson zèbre) - 3 mg/L - 96 h (OCDE ligne directrice 203)
  - Toxicité pour la daphnie et les autres invertébrés aquatiques : CE50 - Daphnia magna (Grande daphnie) - 2.1 mg/L - 48 h (OCDE Ligne directrice 202)
  - Toxicité pour les algues : Essai en statique CE50 - Chlorella pyrenoidosa - 21 mg/L - 96 h (OCDE Ligne directrice 201)
  - Toxicité pour les bactéries : Essai en statique CE50 - Bactérie - 13 mg/L - 24 h Remarques : (ECHA)
  
- **Persistance et biodégradabilité** : [PubChem, 2020b]
  - Bien que le disulfure de carbone soit liquide à 25°C, sa pression de vapeur de 359 mm Hg à 25°C fait que son évaporation sera rapide. Dans l'atmosphère, sa demi-vie est estimée à 5.5 jours. Le mécanisme de dégradation principal est la réaction avec les radicaux hydroxyles.

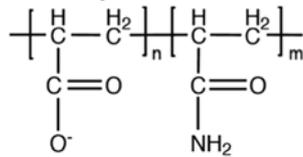
---

<sup>1</sup> Un suivi régulier de la toxicité doit être réalisé à l'effluent final avant le rejet de l'eau vers l'environnement selon les méthodes pour la détermination de la létalité aiguë d'effluents chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et les daphnies (*Daphnia magna*).

- Dans le sol, sa mobilité est considérée comme étant élevée selon le Koc estimé de 48. Selon les données disponibles, l'évaporation est le mécanisme principal lorsque le produit est dans le sol.
  - Dans l'eau, le produit va également s'évaporer dans l'atmosphère. Les tests d'évaporation dans un lac témoin montrent une demi-vie estimée de 2.6 heures à 3.5 jours.
- **Informations supplémentaires** : [PubChem, 2020b]
    - Le disulfure de carbone est généré naturellement par la décomposition anaérobie de matière organique. Les zones marécageuses sont une source de ce produit.

## Floculant Flomin 913 VHM

- **Formule chimique :**



- Chaîne polyacrylamide anionique à haut poids moléculaire

- **Utilisation :**

- Utilisé dans les épaisseurs pour faciliter la décantation du concentré de graphite et des résidus. Les pulpes épaissies se filtrent alors plus facilement et les surverses des épaisseurs sont recirculées aux procédés.

- **Consommation estimée du réactif :**

- 40 g/tonne
- 258 kg/jour
- 94 tonnes/an

- **Où se retrouve-il après son utilisation :**

- Dans le concentré de graphite et les résidus miniers.

- **Mécanisme de dégradation : [Nature, 2018]**

- Les polyacrylamides sont sensibles à la lumière. La génération de radicaux hydroxyles réduit la longueur des chaînes. Selon la littérature, la présence du monomère acrylamide n'a pas été rapportée dans des conditions aérobiques. La biodégradation fait intervenir des bactéries qui vont utiliser l'azote comme source de nutriment. Bien que les sous-produits de dégradation n'aient pas tous été identifiés, les plus probables sont des acides carboxyliques à chaînes courtes.

- **Potentiel de bioaccumulation : [Nature, 2018]**

- Les polyacrylamides, étant donné leur nature, ne sont pas absorbés par les organismes vivants. La mobilité du produit est très faible du fait de son affinité avec les particules solides. La mobilité des sous-produits augmente à mesure que les longueurs de chaînes diminuent. Selon les données disponibles, les sous-produits ne sont pas reconnus comme étant bioaccumulables.

- **Informations complémentaires : [Nature, 2018]**

- Les polyacrylamides sont utilisés dans les systèmes de traitement d'eau potable municipaux et dans l'agriculture pour le conditionnement des sols.

# Réactifs utilisés pour le traitement des eaux

## Bicarbonate de sodium

- **Formule chimique :**
  - $\text{NaHCO}_3$
- **Utilisation :**
  - Ajustement du pH à l'usine de traitement des eaux (au lieu de  $\text{Ca(OH)}_2$  – un seul sera sélectionné)
- **Consommation estimée du réactif :**
  - 500 m<sup>3</sup>/an
- **Où se retrouve-t-il après son utilisation :**
  - Pour l'usine de traitement des eaux, il sera consommé et précipité sous forme d'hydroxyde de métaux. Il sera capturé dans les géotubes.
  - Potentiellement, les ions bicarbonates pourront être présents dans les eaux et la réaction est décrite ci-dessous.
- **Réaction de solubilisation :**
  - $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$
  - L'ion bicarbonate en solution dans l'eau est en équilibre avec les autres formes suivantes :
  - $\text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-}$
  - L'ion bicarbonate  $\text{HCO}_3^-$  est l'ion majoritaire dans l'intervalle de pH déterminé pour l'effluent final selon la directive 019. À un pH inférieur à 6, l'acide carbonique devient majoritaire et du gaz carbonique est émis. C'est ce qu'on observe quand on mélange du vinaigre avec du bicarbonate de soude à la maison. À un pH supérieur à 10, l'ion carbonate  $\text{CO}_3^{2-}$  est majoritaire.
- **Données environnementales :** [Church & Dwight, 2012]
  - Toxicité aquatique :
    - Pucelles aquatiques : EC50 = 4100 mg/L
    - Crapet arlequin : LC50 = 7100 mg/L
    - Truite arc-en-ciel : LC50 = 7700 mg/L
- **Persistance :** [Church & Dwight, 2012]
  - Les méthodes pour déterminer la biodégradabilité ne sont pas applicables pour les substances inorganiques.
- **Bioaccumulation :** [Church & Dwight, 2012]
  - Aucune bioaccumulation rapportée.
- **Biodégradation :** [Church & Dwight, 2012]
  - Ce produit est inorganique et n'est pas assujéti à la biodégradation.

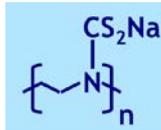
## Chaux

- **Formule chimique :**
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- **Utilisation :**
  - Pourrait être utilisée à l'usine de procédé (entreposer et conserver si requis) et ainsi qu'à l'usine de traitement des eaux, mais NMG a opté pour le bicarbonate de sodium à l'usine de traitement plutôt que la chaux.
  - Permet de contrôler le pH de l'eau de procédé et ainsi que celui de l'eau dans les bassins de collecte lorsque nécessaire.
- **Consommation estimée du réactif :**
- La consommation est hypothétique et conservatrice ; la quantité de ce réactif a été supposée pour dimensionner des équipements d'entreposage et de traitement des eaux :
  - 75 g/tonne
  - 270 kg/jour
  - 99 tonnes/an
- **Où se retrouve-il après être consommé :**
  - Pour l'usine de traitement des eaux, il sera consommé et précipité sous forme d'hydroxyde de métaux. Il sera capturé dans les géotubes.
  - Pour l'usine de procédé, il sera consommé dans les eaux de recirculation pour ajuster le pH.
  - Potentiellement, les ions calcium pourront être présents dans les eaux et la réaction est décrite ci-dessous.
- **Réaction de dissolution :**
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$
  - Les ions hydroxydes  $\text{OH}^-$  réagissent avec les ions hydrogène  $\text{H}^+$  pour former de l'eau selon la réaction d'équilibre suivante :
  - $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$
- **Informations environnementales :** [Sigma Aldrich, 2019a]
  - Toxicité pour les poissons : Essai en statique CL50 - *Oncorhynchus mykiss* (Truite arc-en-ciel) - 50.6 mg/l - 96 h (OCDE ligne directrice 203)
  - Toxicité pour la daphnie et les autres invertébrés aquatiques : Essai en statique CE50 - *Daphnia magna* (Grande daphnie) - 49.1 mg/l - 48 h (OCDE Ligne directrice 202)
  - Toxicité pour les algues : Essai en statique CE50r - *Pseudokirchneriella subcapitata* (algues vertes) - 184.6 mg/l - 72 h (OCDE Ligne directrice 201)
- **Persistance et dégradabilité :** [Sigma Aldrich, 2019a]
  - Les méthodes pour déterminer la biodégradabilité ne sont pas applicables pour les substances inorganiques.
- **Potentiel de bioaccumulation :** [Sigma Aldrich, 2019a]

- Ne montre pas de bioaccumulation.
- **Note supplémentaire :**
  - L'ion calcium n'est pas considéré comme étant toxique selon les critères de dureté de l'eau potable publié par Santé Canada. [Santé Canada, 2020]

## MetalSorb FZ

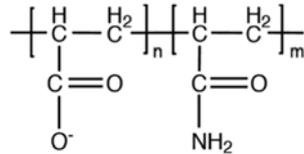
- Formule chimique :



- Dithiocarbamate de polyéthylèneimine
- **Utilisation :**
  - Capturer les métaux en solution dans l'eau.
- **Consommation estimée de réactif :**
  - 420 m<sup>3</sup>/an
- **Où se retrouve-t-il après son utilisation :**
  - Dans les géotubes.
- **Réaction :**
  - $2RNCS_2^-Na^+ + M^{2+} \rightarrow 2RNCS_2^-M^{2+} + 2Na^+$
  - Le MetalSorb FZ utilise le mécanisme de chélation pour encapsuler les ions métalliques. Les chaînes de polymère facilitent par la suite la formation de floccs et la précipitation des métaux. Ils peuvent ensuite être retirés par filtration ou sédimentation.
- **Données environnementales :** [SNF Canada Ltd, 2018]
  - Toxicité :
    - Toxicité pour les poissons : CL50/poissons/96 heures = 10 – 100 mg/L
    - Toxicité pour les invertébrés : CE50/Daphnia magna/48 heures = 10 – 100 mg/L
    - Toxicité pour les algues : IC50/algues/72 heures = 10 – 100 mg/L
- **Persistance et dégradabilité :** [SNF Canada Ltd, 2018]
  - Selon les données disponibles, le produit est reconnu comme étant difficilement biodégradable. Il est également insensible à l'hydrolyse.
- **Potentiel bioaccumulatif :** [SNF Canada Ltd, 2018]
  - Selon les données disponibles, il n'y a pas de bioaccumulation anticipée.
- **Mobilité dans le sol :** [SNF Canada Ltd, 2018]
  - Selon les données disponibles, aucune mobilité dans le sol n'est à anticiper. (Log Pow): <0

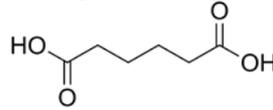
## ChemFloc CMX 123

- **Formule chimique :**

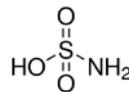


- Chaîne polyacrylamide anionique à haut poids moléculaire

- < 2.5% acide adipique



- < 2.5% acide sulfamique



- **Utilisation :**

- Accélérer la sédimentation des particules fines en suspension dans l'eau avant de l'envoyer au bassin de polissage.

- **Consommation estimée de réactif :**

- 8.7 tonnes/an

- **Où se retrouve-t-il après son utilisation :**

- Dans les géotubes.

- **Informations environnementales :** [Chemco, 2020]

- Toxicité aquatique :
  - CL50/Daniorerio/96 heures: 10 – 100 mg/L (OCDE203)
  - CE50/Daphnia magna/48 heures >50 mg/L (OCDE)

- **Persistance et dégradabilité :** [Chemco, 2020]

- Aux pH naturel (>6), le produit se dégrade à plus de 70% en 28 jours dû à l'hydrolyse. Selon les données disponibles, les sous-produits de l'hydrolyse n'ont pas d'effets néfastes sur les organismes aquatiques.

- **Potentiel de bioaccumulation :** [Chemco, 2020]

- Pas de bioaccumulation selon les données disponibles.

- **Informations complémentaires :** [Nature, 2018]

- Les polyacrylamides sont utilisés dans les systèmes de traitement d'eau potable municipaux et dans l'agriculture pour le conditionnement des sols.

## Acide sulfurique

- **Formule chimique :**
  - $H_2SO_4$
- **Utilisation :**
  - Ajustement du pH à l'usine de traitement des eaux (si nécessaire).
- **Consommation estimée de réactif :**
  - 70 m<sup>3</sup>/an
- **Où se retrouve-t-il après son utilisation :**
  - Il sera consommé lors de l'ajustement du pH. Il restera l'ion sulfate et sa réaction est décrite ci-dessous.
- **Réaction de solubilisation :**
  - $H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$
  - À un pH supérieur à 6.5, l'ion sulfate  $SO_4^{2-}$  est majoritaire. L'ion sulfate se retrouve naturellement dans l'environnement à des niveaux variables selon les minéraux présents.
- **Données environnementales :** [Sigma-Aldrich, 2019c]
  - Note : ces données proviennent de la fiche de données de sécurité du sulfate de sodium. Ce produit est équivalent à ce que l'on retrouvera dans l'effluent au pH spécifié.
  - Toxicité pour les poissons : CL50 - Pimephales promelas (Vairon à grosse tête) – 7 960 mg/L - 96 h
  - Toxicité pour la daphnie et les autres invertébrés aquatiques : CE50 - Daphnia magna (Grande daphnie) – 1 766 mg/l - 48 h (US-EPA) Toxicité pour les bactéries : EC10 - Pseudomonas putida (Bacille Pseudomonas putida) - >1 000 mg/L - 16 h
- **Persistance et dégradabilité :** [Sigma-Aldrich, 2019c]
  - Les méthodes pour déterminer la biodégradabilité ne sont pas applicables pour les substances inorganiques.

## Références

[Bach, L. et al. 2016] Bach, L., Nørregaard, R. D., Hansen, V., & Gustavson, K. (2016). Review on environmental risk assessment of mining chemicals used for mineral separation in the mineral resources industry and recommendations for Greenland

[Chemco, 2020] Chemco Inc. (2020). Fiche de données de sécurité, ChemFloc CMX 123.

[Church & Dwight, 2012] Church & Dwight (2012). Fiche de données de sécurité, bicarbonate de sodium.

[Nature, 2018] Xiong, B. et al. (2018) Polyacrylamides Degradation and its Implications in Environmental Systems, NPJ Clean Water (1) 1, 1-9.

[Petro-Canada, 2001] Petro-Canada (2001). Material Safety Data Sheet.

[PubChem, 2020a] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1-Pentanol#section=Environmental-Fate> . Page consultée le 5 février 2020.

[PubChem, 2020b] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6348#section=Environmental-Fate-Exposure-Summary> . Page consultée le 5 février 2020.

[Santé Canada, 2020] <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-durete.html> Page consultée le 3 février 2020.

[Sigma-Aldrich, 2016] Sigma-Aldrich (2016). Fiche de données de sécurité, methyl isobutyl carbinol.

[Sigma-Aldrich, 2019a] Sigma-Aldrich (2019). Fiche de données de sécurité, hydroxyde de calcium.

[Sigma-Aldrich, 2019b] Sigma-Aldrich (2019). Fiche de données de sécurité, pentan-1-ol.

[Sigma-Aldrich, 2019c] Sigma-Aldrich (2019). Fiche de données de sécurité, sulfate de sodium.

[SGS Canada inc] LR Internal Inc (11 December 2018), Certificate of analysis

[SNF Canada Ltd, 2018] SNF Canada Ltd, (2018). Fiche de données de sécurité, MetalSorb FZ.

[US EPA, 2008] US EPA (2008). US Environmental Protection Agency. Initial Risk-Based Prioritization of High Production Volume Chemicals, Methyl isobutyl carbinol, MIBC



SGS Canada Inc.  
 P.O. Box 4300 - 185 Concession St.  
 Lakefield - Ontario - KOL 2HO  
 Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

LR Internal Dept 14

Attn : Blendi

---  
 ---, ---  
 ---

Phone: ---  
 Fax:---

11-December-2018

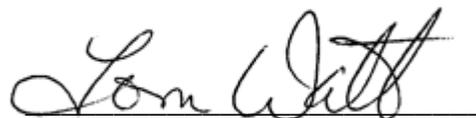
Date Rec. : 04 December 2018  
 LR Report : CA02076-DEC18  
 Project : CA20M-00000-110-14236-1  
 0

# CERTIFICATE OF ANALYSIS

## Final Report

Sample ID	Xanthate as PAX mg/L
1: Preserved	31
2: Not Preserved 8 hour	< 5
3: Not Preserved 24 hour	---

Control Quality Assay  
 Not Suitable for Commercial Exchange



Tom Watt  
 Project Coordinator

---

**À :** Frédéric Gauthier **DATE :** 10 janvier, 2019

**C.C. :** Jean-Pierre Dubé, Karl Trudeau, Anh-Long Nguyen, Martine Paradis, Julien Dubuc

**DE :** Dan Chen **RÉF. :** 654068-0000-4TER-0002\_00

**SUJET :** Dégradation et Traitement du PAX (Potassium Amyl Xanthate)

---

Cette note de service a pour objectif de présenter la revue de littérature sur la dégradation naturelle et le traitement actif du PAX (*potassium amyl xanthate*) qui peut être présent dans les eaux de procédé et les surverses/sous-verses des épaisseurs de l'usine de désulfuration. Ces informations seront combinées avec le bilan hydrique du site du projet Matawinie pour donner suite à une recommandation technique sur la stratégie en matière de PAX pour la phase commerciale.

## 1.0 Contexte

Nouveau Monde Graphite (NMG) planifie de construire une mine de graphite située dans la municipalité de Saint-Michel-des-Saints. L'exploitation se fera en deux étapes :

- > Phase de démonstration : exploration à une petite échelle (environ 40 kt de roches déplacées) pour démontrer la faisabilité aux niveaux technique et économique. Cette phase durera environ deux (2) ans.
- > Phase commerciale : production de minerai de graphite à l'échelle commerciale. La durée est évaluée à environ 26 ans.

Durant les deux phases, une gestion proactive des eaux du site est prévue afin de respecter les réglementations environnementales en vigueur et de minimiser l'impact que pourraient engendrer les activités minières. Pour ce qui est des eaux contaminées, une usine de traitement des effluents (UTE) sera envisagée pour éliminer les contaminants afin de respecter la Directive 019 (MELCC 2012).

## 2.0 Problématique

L'usine de traitement du minerai inclut deux unités de traitement :

- > un concentrateur où le graphite sera flotté à l'aide d'un collecteur tel que le diesel; et
- > une unité de désulfuration des résidus où les sulfures (majoritairement la pyrrhotite) seront flottés à l'aide du collecteur PAX (*potassium amyl xanthate*).

La présence du PAX dans l'eau de procédé recyclée par les épaisseurs ne permet toutefois pas une réutilisation dans le concentrateur de graphite, car même une faible concentration en PAX peut entraîner les sulfures dans le concentré de graphite et par la suite, diminuer la qualité de ce dernier. C'est la raison pour laquelle un surplus d'eau de l'unité de désulfuration, chargé en PAX, doit être purgé et traité pour être ensuite réalimenté au procédé de traitement du minerai. Cette note colligera les informations disponibles sur la dégradation naturelle et le traitement actif du PAX et/ou ses dérivés. Par la suite, les données hydriques du site seront intégrées avant d'évaluer les mesures d'atténuation du PAX.

### 3.0 Revue de littérature

#### 3.1 Produit PAX

Le produit PAX signifie « potassium amyl xanthate ». Il est également appelé KAX. Ce produit appartient à la famille de xanthate qui est présentée sous forme de  $\text{ROCS}_2\text{M}^+$  dont R est un groupe alkyl et M peut être le sodium ou le potassium. Concrètement, le produit PAX a une formule moléculaire  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{OCS}_2\text{K}$  et il est très couramment utilisé dans le procédé de flottation des sulfures dans l'industrie minière grâce à son affinité avec les sulfures. Une fois recouverts de xanthate, les sulfures deviennent hydrophobes et le concentré de sulfures sera ensuite récupéré comme écume.

Selon la note technique sur la gestion de l'eau du procédé (Zampini, 2018), la consommation du PAX est estimée à environ 100 à 300 g/t de minerai dans l'usine de désulfuration, ce qui correspond à une concentration initiale en PAX de 55 à 165 mg/L ou ppm. Par la suite, le PAX peut être absorbé par les surfaces des particules de sulfures ou peut se dégrader rapidement durant sa résidence dans le procédé.

La concentration résiduelle dépend du dosage initial et le temps de séjour dans le procédé incluant les épaisseurs. À titre d'exemple, les essais pilote pour le projet Boliden Kevitsa en Finlande suggèrent une concentration de 1,6 à 2,7 mg/L dans l'effluent (Regional State Administrative Agency of Northern Finland, 2010 et 2014). Selon une autre étude (Moreno, 2016), dans les échantillons d'eau prélevés à la mine Kevitsa dans le nord de la Finlande, la concentration en xanthate mesurée dans l'eau de procédé, la surverse de l'épaississeur du circuit nickel et la surverse de l'épaississeur du circuit cuivre correspond à 2,5 mg/L, 3 mg/L et 5,4 mg/L respectivement. En fait, cette mine a réalisé un projet visant à contrôler le xanthate résiduel. La figure 1 démontre l'effort déployé pour réduire la concentration en xanthate de 9 mg/L à moins de 3 mg/L pendant l'hiver où la dégradation naturelle est limitée en raison de la température et de la formation de la glace qui coupe les rayonnements UV.

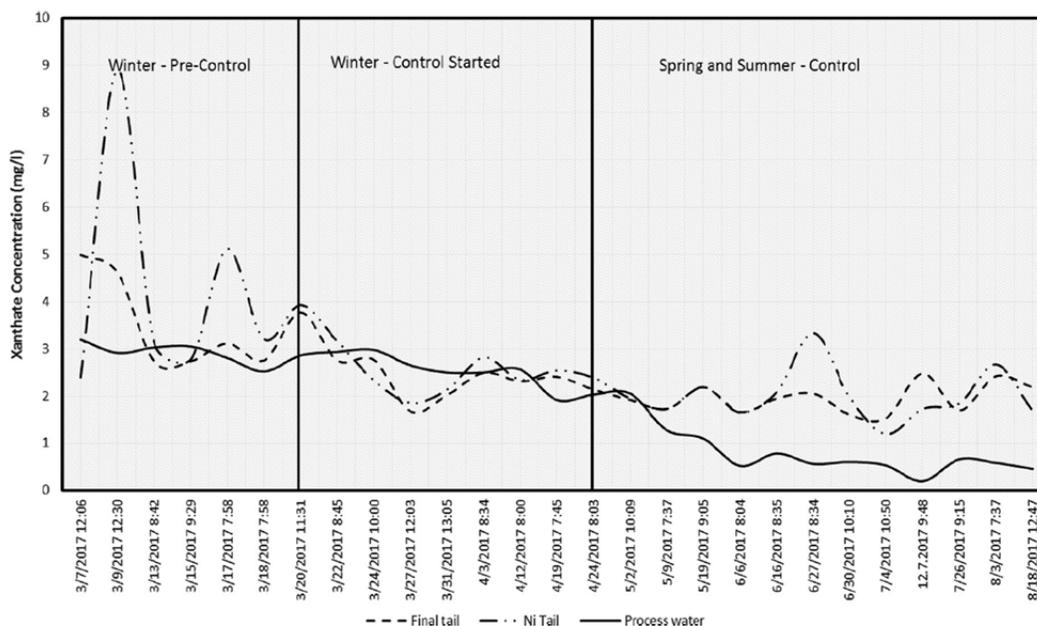


Figure 1 : Contrôle du xanthate dans les surverses des épaisseurs et dans l'eau de procédé

Selon un rapport australien (Australian Government Publishing Service, 1995), les xanthates ne seront pas accumulés dans les eaux naturelles grâce à la dégradation. Xu et al (1988) ont conclu que les xanthates seront classifiés comme micropolluants nocifs dans les systèmes aquatiques si leur concentration dépasse 2 mg/L.

Lors des essais métallurgiques en laboratoire réalisés pour NMG en 2018, l'eau de procédé finale (filtrat des résidus) a été analysée pour le PAX. La concentration en PAX a été mesurée lorsque les essais ont été terminés et après une durée déterminée de 8 heures et 24 heures. Le résultat est présenté au tableau 1.

Tableau 1 : Concentration en PAX en fonction du temps

Échantillon	Concentration de xanthate exprimée en PAX mg/L
Échantillon au temps 0 après les essais	31
8 heures après les essais	<5
24 heures après les essais	non détectable

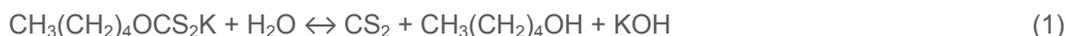
### 3.2 Analyseur du produit PAX

La concentration en xanthate peut être facilement déterminée par la spectroscopie UV. L'absorbance maximale se trouve à 301 nm du spectre UV et ce dernier est utilisé pour mesurer la concentration en xanthate avec très peu d'interférence. Une analyse laboratoire d'un échantillon individuel prendra un peu moins de 15 minutes. Il existe des analyseurs en ligne pour analyser les pulpes, soit un système composé construit pour l'échelle laboratoire (Hao, 2008), soit une sonde automatisée appelée XANTHOPROBE, développée par Mintek pour l'échelle industrielle (Knight & Knights, 2011). Ces analyseurs en ligne permettent une analyse quasi continue du xanthate résiduel pour ensuite ajuster le dosage dans le circuit de flottation. Cependant, ces analyseurs ne sont pas adéquats pour d'autres produits dérivés du xanthate. Ces derniers peuvent être analysés par la chromatographie gazeuse combinée d'une spectrométrie de masse (GC-MS) au besoin. Étant donné que le xanthate est l'origine de tous les produits dérivés et donc l'obtention de sa concentration est suffisante pour le contrôle du procédé.

### 3.3 Dégradation naturelle

Les produits xanthate se décomposent naturellement dans l'eau et dans les pulpes de flottation en des molécules plus petites. Les réactions chimiques ont lieu dépendamment du pH (Shen, 2016).

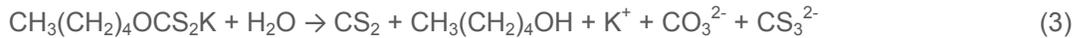
À pH neutre, le PAX se décompose suivant la réaction :



À pH faible (acide), le produit de disulfure de carbone ( $\text{CS}_2$ ) sera favorisé. Il est à noter que ce produit dérivé est toxique et représente un risque sur la santé, la sécurité et l'environnement. Au Canada et aux États-Unis, selon les réglementations OSHA, la limite de concentration dans l'atmosphère ambiante est passée de 10 à 1 ppm. La qualité de l'air ainsi que la concentration dans les effluents doivent être surveillées.



À pH élevé (alcalin), la présence des ions OH inhibe la génération du CS<sub>2</sub>. En même temps, d'autres réactions pourraient générer des produits tels que le dixanthogène, monothio-, dithio- et triothiocarbonate ainsi que le sulfure.



La figure 2 démontre l'influence du pH sur la réaction et la cartographie des produits dérivés.

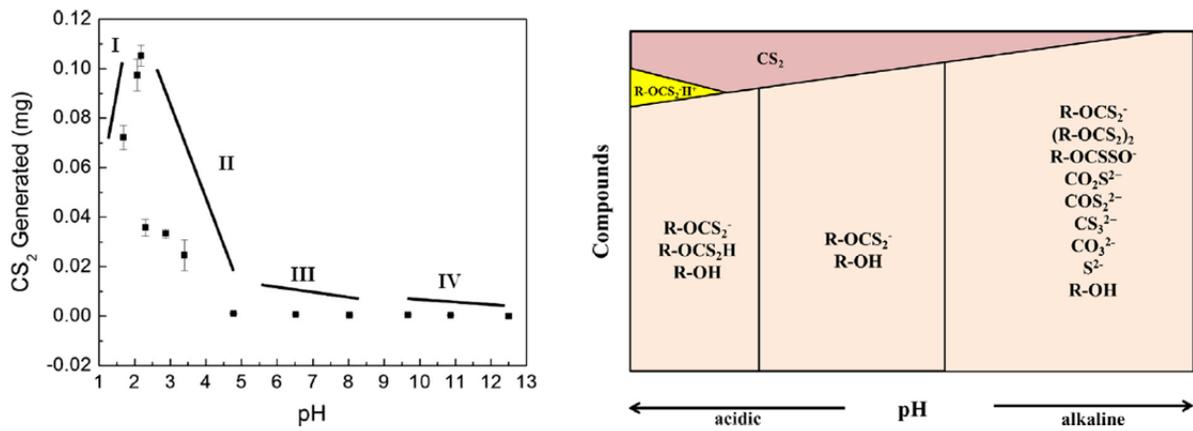


Figure 2 : Produit CS<sub>2</sub> en fonction du pH de la solution et les produits dérivés du xanthate en fonction du pH (adapté de l'article de Shen, 2016)

Selon l'expérience de SNCL chez les autres miniers, le xanthate n'est généralement pas traité activement dans le procédé parce que le xanthate se dégrade rapidement et l'effluent peut être drainé dans un parc à résidus qui permet un temps de résidence très élevé pour la dégradation. Selon Boening (Boening, 1998), la demi-vie du xanthate est approximativement quatre (4) jours dans la condition ambiante. D'autres chercheurs (Sun 1997; Tikka, 2014) ont mentionné les résultats plus précis en étudiant l'ethyl xanthate à différentes températures. La demi-vie semble être la plus longue à pH neutre (Figure 3) et cela signifie qu'un ajustement de pH pourrait être une bonne stratégie pour favoriser la dégradation du xanthate. De plus, on remarque que la demi-vie est la plus courte autour d'un pH de 9 et ceci pour des températures variant de 5 à 40 Degré Celsius.

Selon les études précédentes concernant le procédé de flottation (Étude PFS), aucun produit de modificateur de pH (par exemple la chaux) n'est proposé et donc le pH devrait être proche de la neutralité. Afin d'accélérer sa dégradation, la chaux ou la soude caustique pourrait être injectée aux épaisseurs ou lorsque les surverses seront acheminées à l'UTE. Le détail de cette mesure d'atténuation du risque engendré par le PAX doit être confirmé si le PAX doit être traité.

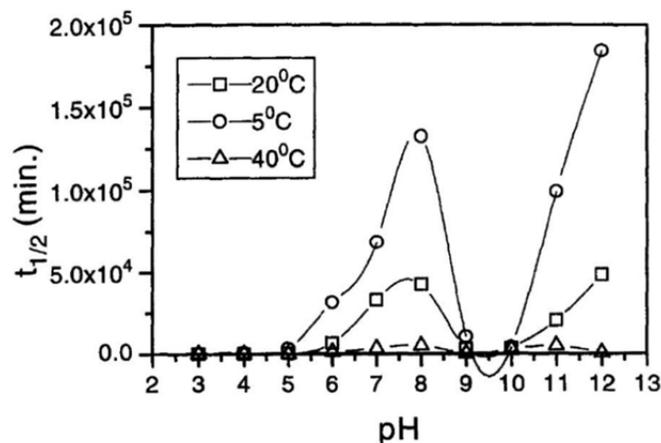


Figure 3 : Demi-vie du xanthate (éthyl) en fonction du pH à trois différentes températures (Sun 1997)

### 3.4 Technologies de traitement actif

Plusieurs technologies de traitement peuvent être adoptées pour réduire la concentration de xanthate si cette dernière s'avère élevée malgré la dégradation naturelle.

#### 3.4.1 Oxydation par le peroxyde d'hydrogène

Chen (2015) a constaté à partir des essais laboratoire que le peroxyde d'hydrogène peut convertir le sodium éthyl xanthate (SEX) en thiosulfate et ensuite en soufre élémentaire (condition acide) ou en sulfate et carbonate (condition alcaline). Il est important que les produits de la réaction soient non toxiques pour l'environnement. Cependant la cinétique de cette réaction n'est pas rapide et c'est la raison pour laquelle le réactif fenton a été recommandé.

#### 3.4.2 Oxydation par réactif fenton

La mine Boliden Garpenberg en Suède (Teollisuustaito, 2016) emploie les collecteurs tels que PAX et PIBX. Le traitement de l'eau de procédé est basé sur l'oxydation par réactif fenton. Le peroxyde est ajouté pour détruire les thiosulfates avec le catalyseur sulfate ferrique à pH acidifié. Par la suite, la chaux hydratée est ajoutée pour ajuster le pH et précipiter les métaux. Au niveau de la cinétique, ce procédé d'oxydation par réactif fenton sera plus rapide que le procédé avec le peroxyde seul.

#### 3.4.3 Oxydation électrochimique

Le fournisseur E2metrix propose un appareil ECOTHOR™ qui permet d'effectuer l'électro-oxydation pour simuler le procédé fenton où les produits organiques seront convertis en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O en présence des radicaux d'hydroxyle entre les électrodes. Il est à noter qu'un seul appareil a une capacité limitée (jusqu'à 500 m<sup>3</sup>/h) et par conséquent, plusieurs trains de traitement seront requis à l'échelle industrielle. La figure 4 montre la configuration des appareils abrités en général dans un conteneur.

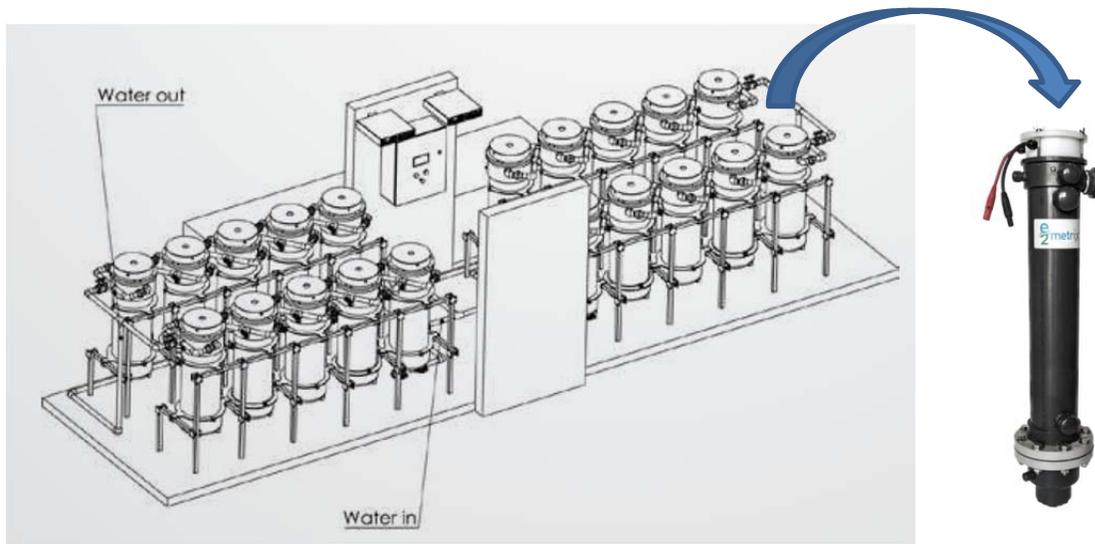


Figure 4 : Système modulaire de l'appareil d'électro-oxidation (adapté d'E2Matrix)

### 3.4.4 Flocculation

Dans un autre article, Zhu (2013) a mentionné que plusieurs flocculant avaient été testés et l'optimal pour traiter l'eau qui contient du xanthate (sodium isobutyl xanthate) était le sulfate d'aluminium. Avec un dosage à 0,1 mol/L, un pH initial à 6,5, un temps de vibration de 90 min et un temps de décantation de 120 min, le xanthate est quasiment enlevé à 100%.

### 3.4.5 Flottation à air dissous (FAD)

Cette technologie utilise les microbulles de flotter les particules sur lesquelles le xanthate est adsorbé (Schéma simplifié à la figure 5). Les microbulles sont générées avec de l'air comprimé ce procédé et il s'agit d'une coagulation/floculation afin de créer les particules de Boue. Selon les essais laboratoire réalisés par N. Moreno (2016), le taux d'enlèvement du xanthate est en moyenne à 50% avec quelques résultats jusqu'à 80%.

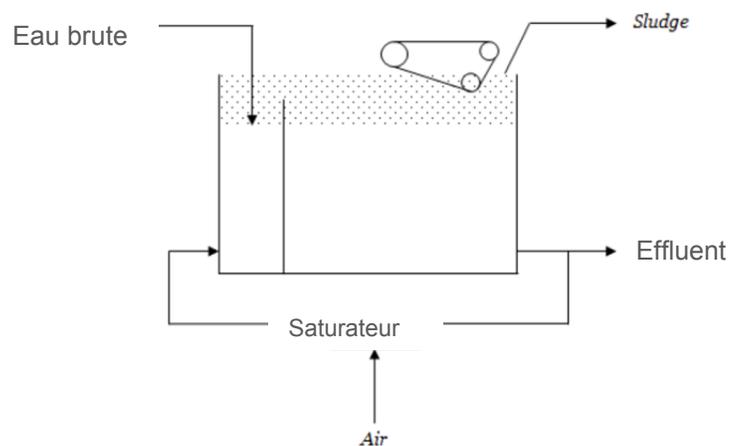


Figure 5 : Représentation schématique simplifiée d'un système FAD avec recirculation



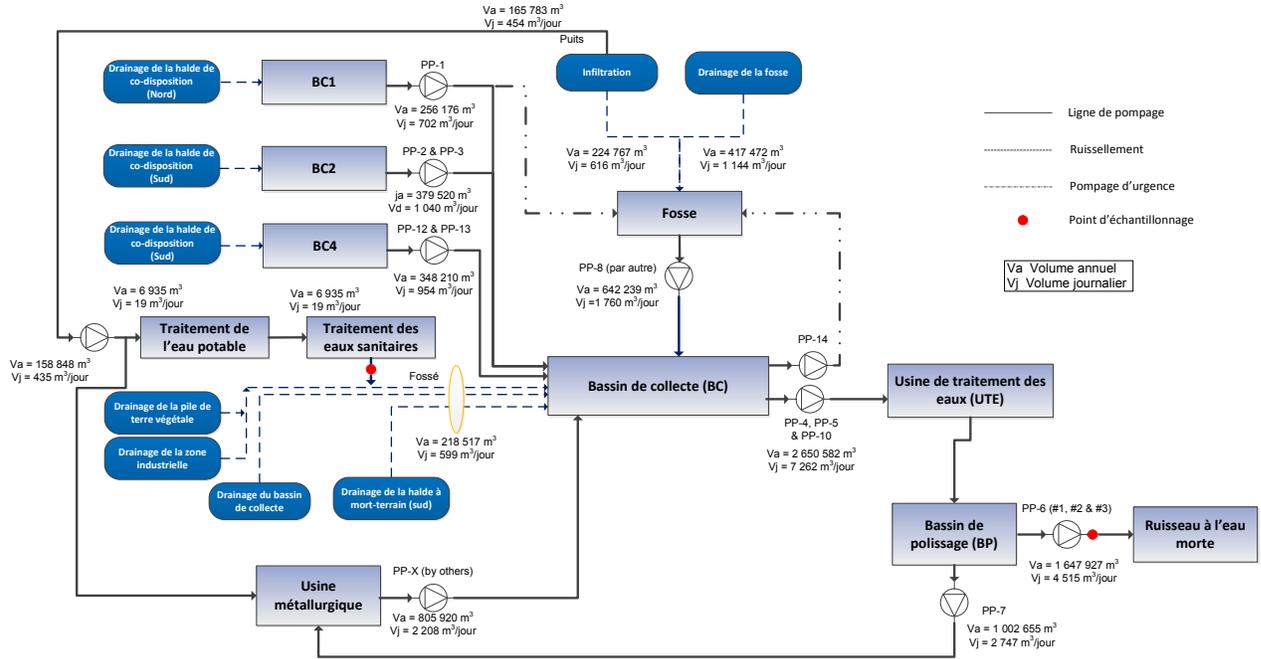


Figure 7 : Bilan hydrique de la Phase B1

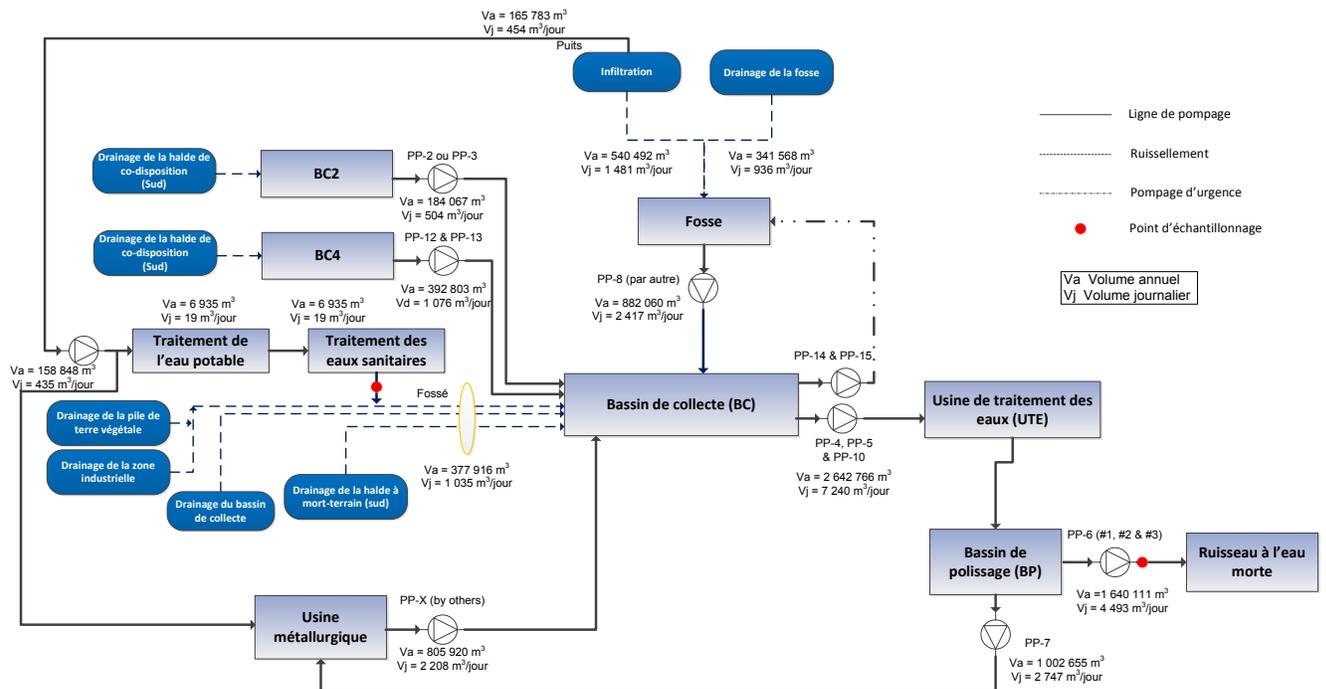


Figure 8 : Bilan hydrique de la Phase B2

Selon les données disponibles de la littérature et des essais laboratoire, il est raisonnable de supposer une concentration résiduelle de PAX à 5 mg/L (maximal) dans l'eau de procédé acheminée au bassin de collecte (BC). Cette valeur sera confirmée par l'analyse des eaux de l'usine de démonstration dès que le circuit sera opérationnel.

Avec la dilution des eaux de ruissellement, la concentration sera réduite à moins de 1,7 mg/L. Cette valeur est déjà au-dessous du seuil conclu par Xu et al. (1988) où le xanthate est classifié comme micropolluants nocifs dans les systèmes aquatiques, soit 2 mg/L.

Le bassin de collecte BC a un volume total de 258 200 m<sup>3</sup> pour la phase A et 508 100 m<sup>3</sup> pour les phases B1 et B2. Si l'on considère que ce bassin est un réacteur à régime piston, le volume correspond à un temps de résidence de 18 à 24 jours (600 m<sup>3</sup>/h et 900 m<sup>3</sup>/h comme débit de conception pour les phases A et B1/B2). En réalité, pendant l'opération normale, il est nécessaire de contrôler le niveau d'eau afin d'assurer au minimum quatre (4) jours de temps de résidence sauf durant la crue printanière où la concentration PAX sera significativement diluée par la fonte des neiges et la pluie. Le manuel de contrôle du niveau d'eau sera développé dans la prochaine phase d'ingénierie. Avec le temps de résidence disponible dans le BC, le PAX se dégradera déjà en partie avant l'entrée de l'usine de traitement des eaux. Le procédé physico-chimique de coagulation et floculation pourrait encore enlever une partie du PAX. Par conséquent, la concentration du PAX dans l'effluent traité devrait être très faible.

## 5.0 Conclusion et recommandations

Pour mieux gérer les résidus miniers du projet Matawinie, un circuit de désulfuration a été conçu d'où le xanthate (PAX) sera utilisé comme collecteur de flottation dans le procédé. Selon les données d'opération des autres projets et les analyses effectuées dans les essais laboratoire du projet NMG, la concentration en PAX à la sortie de l'usine métallurgique serait en bas de 5 mg/L. En fait, la concentration résiduelle en PAX sera surveillée via des analyseurs et ensuite contrôlée afin de minimiser la consommation des produits chimiques et le coût d'exploitation.

Le xanthate se dégrade très rapidement et au pH neutre (pH attendu de l'eau de procédé), la réaction pour générer le dérivé toxique  $CS_2$  sera inhibée. Une fois rendu au bassin de collecte BC, l'eau sera diluée par d'autres flux d'eau, par exemple les ruissellements d'eau de surface. Par la suite, le parcours d'eau à travers le bassin de collecte, l'usine de traitement des eaux et le bassin de polissage permet un bon temps de résidence favorisant la dégradation. Le procédé de coagulation et floculation permet également au moins un enlèvement partiel du PAX. En fait, dans l'étude de Zhu (2013) le taux d'enlèvement a été très élevé.

La concentration moyenne du PAX attendue dans l'effluent final devrait être en bas de 2 mg/L, laquelle est considérée non nocive pour les systèmes aquatiques selon les études réalisées par Xu et al (1988).

SNCL ne recommande pas de système de traitement actif pour le PAX pour la phase de l'étude de faisabilité (FS). Advenant que la concentration dans l'effluent du procédé s'avère plus élevée que la valeur attendue, plusieurs technologies ont été identifiées pour être ajoutées dans la filière de traitement existant dans l'UTE. Les technologies potentiellement applicables au projet seraient l'oxydation par réactif fenton et l'électro-oxydation.

Afin de confirmer la concentration en PAX, SNCL recommande les actions suivantes :

- > Échantillonner l'eau de la surverse de l'épaississeur dans l'usine de démonstration et mesurer la concentration en PAX;
- > Dans le cas où la concentration en PAX est plus élevée qu'attendue, des essais laboratoire ou pilote devront être effectués pour sélectionner le procédé de traitement le plus adéquat au niveau technico-économique.

## 6.0 Références

- J. Zampini, 2018, DRA MET-CHEM, Note technique pour les informations pour la gestion des eaux – Mise à jour pour 100 kt graphite.
- Nicolas Cadena Moreno, 2016, Thèse de maîtrise: Development of dissolved air flotation for mining wastewaters purification.
- Teollisuustaito Oy, 2016, Geological Survey of Finland, Current and New Water Management Solutions at Northern Mines.
- Yang Shen et al, 2016, Minerals Engineering, Study of xanthate decomposition in aqueous solutions.
- D. W. Boening, 1998, Mining Engineering, Aquatic toxicity and environmental fate of xanthate.
- Jesse Tikka, 2014, Thèse de maîtrise: On-line determination of residual collector concentration in flotation process
- Ishamael Muzinda & Nora Schreithofer, 2018, Minerals Engineering 125 (2018) 34-41, Water Quality Effects on Flotation: Impacts and control of residual xanthates
- Z. Sun & W. Forsling, 1997, Minerals Engineering, The degradation kinetics of ethyl-xanthate as a function of pH in aqueous solution.
- NI 43-101 Technical Pre-feasibility Study Report for Matawinie Graphite Project, Décembre 2017
- X.H. Chen et al, 2015, Central South University Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Degradation of ethyl xanthate in flotation residues by hydrogen peroxide.
- Z. Zhu et al, 2013, Advanced Materials Research, Research on the Treatment of Xanthate Wastewater by Flocculation Process.
- Oliveira, C.R., Rubio, J., 2009, Isopropylxanthate ions uptake by modified natural zeolite and removal by dissolved air flotation. *Int. J. Miner. Process.* 90, pp. 21-26
- X.Y. Liu et al, 2013, Recycle of wastewater from lead-zinc sulfide ore flotation process by Ozone/BAC technology, *J. of Environmental protection*, 2013, 4, pp 5-9
- J. Xu, S.Y. Sun, P. Zhang, H.S. Ye, degradation of remainder xanthate in flotation wastewater by fenton reagent, *J. Environmental Protection of Chemical industry*, 2005, 25 (2), pp 125-127
- Y. Xu, J.P. Lay et F. Korte, fate and effects of xanthates in laboratory freshwater systems. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 41683-689
- M.C. Kunene, 2014, Life cycle assessment of the production of xanthate salts and of their application for ARD mitigation, Dissertation of Masters in the department of chemical engineering, University of Cape Town
- E. Chockalingam, S. Subramanian, K.A. Natarajan, Studies on biodegradation of organic flotation collectors using *Bacillus polymyxa*. *Hydrometallurgy*, 2003, 71(1/2): 249–256.