

Fermont, 8 juin 2023

**Benjamin Jacob**

Chargé de projet

DIRECTION ADJOINTE DES PROJETS INDUSTRIELS ET MINIERS

DIRECTION DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES PROJETS INDUSTRIELS, MINIERS,  
ÉNERGÉTIQUES ET NORDIQUES

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

ÉDIFICE MARIE-GUYART, 6E ÉTAGE, BOÎTE 83

675, BOULEVARD RENÉ-LÉVESQUE EST

QUÉBEC (QUÉBEC) G1R 5V7

**Objet :** Demande de modification du décret numéro 166-2022 du 16 février 2022 concernant  
le projet d'augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers  
de la mine de fer du lac Bloom par Minerai de Fer Québec inc. (Dossier 3211-16-001)  
– Réponses aux questions et commentaires

Monsieur Jacob,

Le 15 mai 2023, le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des parcs (MELCCFP, ci-après le Ministère) a envoyé à Minerai de Fer Québec (MFQ ou l'initiateur) une liste de questions et commentaires dans le cadre de la demande de modification du décret 166-2022.

Les questions et commentaires du Ministère (QCM) sont repris dans leur intégralité ci-dessous et ils sont suivis des réponses.

**Commentaires généraux : teneur en silice cristalline SiO<sub>2</sub> des stériles d'amphibolite**

**Commentaire A :**

*La teneur en silice cristalline SiO<sub>2</sub> des stériles d'amphibolite retenue dans cette modélisation est de 2 %. Une note de service citée dans le rapport de modélisation fait état d'une géologie locale inhabituelle comprenant de l'amphibolite à haute teneur en quartz, alors que cette roche en contiendrait peu, à certains endroits dans le gisement. Les données de caractérisation rapportées dans cette note indiquent une teneur de 37 % de SiO<sub>2</sub> dans les stériles d'amphibolite. L'écart important entre les caractérisations des stériles miniers d'amphibolite et l'hypothèse de 2 % retenue dans la modélisation est significatif. Les émissions de SiO<sub>2</sub> des sources les plus importantes s'en trouvent en effet réduites considérablement dans la modélisation. De plus, les*

*mesures d'atténuation spécifiques pour le SiO<sub>2</sub> ont pour prémissse une faible teneur en SiO<sub>2</sub> des stériles d'amphibolite. Advenant que leur teneur réelle en SiO<sub>2</sub> soit plus élevée que 2 %, l'efficacité et la pertinence des mesures d'atténuation spécifiques seraient remises en question.*

*Au cours de la PÉEIE, le MELCCFP a demandé à l'initiateur de déposer une étude complémentaire démontrant que l'hypothèse d'une teneur de 2 % en SiO<sub>2</sub> dans les stériles d'amphibolite est réaliste et n'entraîne pas une sous-estimation importante des concentrations attendues de SiO<sub>2</sub> dans l'air ambiant aux récepteurs sensibles au moment de la réalisation du projet. L'initiateur n'a pas été en mesure de déposer cette étude au cours de l'analyse environnementale du projet, mais il s'était alors engagé à la présenter au ministère au printemps de 2022.*

#### **Réponse au commentaire A :**

Des analyses minéralogiques par diffraction à rayon X (DRX) sur 107 échantillons de stériles d'amphibolite ont permis d'évaluer que la teneur moyenne en silice cristalline dans cette unité lithologique est de 5,1 % massique. Les stériles d'amphibolite sont caractérisés par une distribution log-normale pour la teneur en silice cristalline; il n'y a donc pas d'évidence de sous-groupe minéralogique distinct dans l'amphibolite. De plus, les échantillons ayant une teneur inférieure à cette moyenne sont distribués de façon homogène dans l'entièreté du gisement de la mine du lac Bloom. La teneur moyenne en silice cristalline de 5,1 % massique devient donc la nouvelle valeur de référence pour les stériles d'amphibolite (Golder, 2022)<sup>1</sup>.

#### **Analyses chimiques et minéralogiques**

Les analyses d'oxydes majeurs et analyses minéralogiques n'ont pas de méthodologie référencée par le Centre d'expertise en analyses environnementale du Québec (CEAEQ). Ces paramètres sont toutefois analysés par des méthodes bien établies et documentées dans le domaine des géosciences :

- Les analyses *X-Ray Fluorescence* (XRF) permettent d'obtenir la composition chimique d'éléments majeurs qui constituent un échantillon « roche totale ». Ces éléments majeurs (ex. : Si, Al, Fe, Mg, etc.) sont rapportés en pourcentage massique sous forme d'oxydes majeurs (ex. : SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO, etc.).
- Les analyses DRX permettent d'obtenir le pourcentage massique des différentes phases minéralogiques (ex. : quartz, feldspath, amphibole, etc.) qui constituent un échantillon « roche totale ».

Ces deux types d'analyses utilisent des rayons-X. Cependant, les analyses XRF utilisent des

---

<sup>1</sup> Golder Associés Ltée (Golder), 2022. Étude minéralogique pour l'évaluation de la teneur en silice cristalline dans les stériles d'amphibolite de la mine du lac Bloom, Fermont, Québec. Document n°006-2149698602-MTF-Rev0 en date du 6 octobre 2022.

rayons-X pour exciter un échantillon afin de l'ioniser et libérer les éléments présents dans l'échantillon qui sont ensuite détectés et analysés pour leur abondance tandis que les analyses DRX utilisent des rayons-X qui sont envoyés vers l'échantillon, diffracté selon les réseaux cristallins des minéraux présents et les profils d'interférences résultants sont utilisés afin d'identifier et mesurer l'abondance des phases minéralogiques de l'échantillon.

Il y a mention dans le cadre de la première demande d'engagement ainsi que dans le rapport d'analyse environnementale que l'amphibolite possèdent une teneur de 37 % SiO<sub>2</sub>. Cette teneur en SiO<sub>2</sub>, mesuré par analyse XRF, représente la quantité en Si mesurée dans la roche totale. Comme mentionné ci-dessus, les analyses XRF rapportent les éléments majeurs qui constituent l'échantillon sous forme d'oxyde majeur; dans ce cas, SiO<sub>2</sub>. Le silicium (Si) est toutefois retrouvé dans tous les minéraux silicates (ex. : quartz, feldspath, mica, amphibole, etc.) et donc cette valeur de 37 % SiO<sub>2</sub> ne représente pas la teneur en silice cristalline de l'amphibolite. La silice cristalline constitue plutôt les polymorphes cristallins du quartz; soit le quartz alpha, la cristobalite et la tridymite. Afin de mesurer la teneur en silice cristalline, il faut se servir d'une analyse minéralogique, tel que le DRX. Les analyses DRX de l'étude Golder (2022)<sup>2</sup> ont déterminé que la teneur moyenne en silice cristalline (quartz alpha, cristobalite, tridymite) des stériles d'amphibolite est de 5,1 % massique.

MFQ recommande au Ministère d'être plus spécifique lorsqu'il réfère à la teneur totale en silicium afin de ne pas les confondre avec les teneurs spécifiques en silice cristalline et ainsi éviter toute confusion à cet égard.

#### ***Commentaire B :***

*La condition 4 du décret 166-2022 du 16 février 2022 prévoit par ailleurs que l'initiateur doit tenir un registre des matériaux utilisés pour la construction et l'entretien de la couche de roulement des routes de halage comprenant la date et la zone dans laquelle ils ont été utilisés. Le registre doit démontrer que l'initiateur a utilisé seulement des matériaux dont la teneur en silice cristalline n'excède pas 2 % par des résultats d'analyses. Il doit également déposer auprès du MELCCFP, un rapport démontrant qu'il a utilisé seulement des matériaux dont la teneur en silice cristalline n'excède pas 2 % pour la construction de la couche de roulement des routes de halage, au plus tard trois mois après la fin de la construction. Des rapports présentant cette information pour les matériaux utilisés pour l'entretien des routes doivent par la suite être transmis par Minerai de fer Québec au MELCCFP tous les cinq ans.*

*Les résultats de la concentration moyenne en SiO<sub>2</sub> mesurée dans les stériles d'amphibolite obtenus par l'initiateur après l'obtention du décret ont été transmis au MELCCFP au même moment que la demande de modification de décret. Cette concentration est de 5,1 %. Elle est*

---

<sup>2</sup> Golder Associés Ltée (Golder), 2022. Étude minéralogique pour l'évaluation de la teneur en silice cristalline dans les stériles d'amphibolite de la mine du lac Bloom, Fermont, Québec. Document n°006-2149698602-MTF-Rev0 en date du 6 octobre 2022.

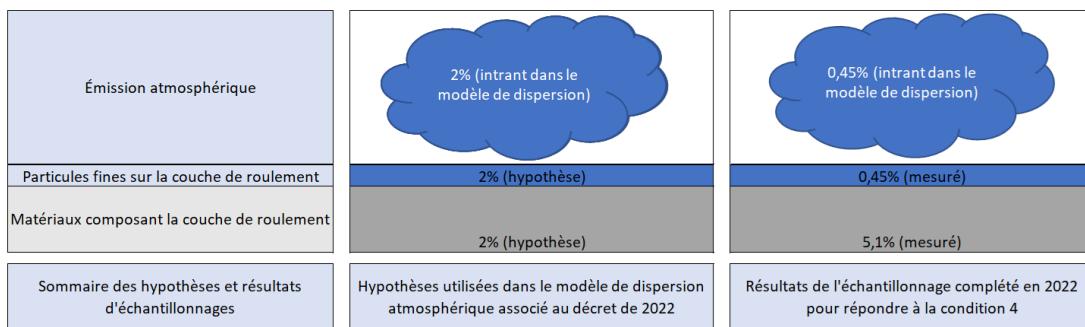
*ainsi supérieure à ce qui avait été anticipé par l'initiateur et pris en compte dans la modélisation soumise pour obtenir l'autorisation gouvernementale.*

*Plutôt que de réviser la modélisation avec une concentration de 5,1 %, l'initiateur a proposé de mesurer la teneur en SiO<sub>2</sub> dans les matériaux fins, soit les particules de diamètre aérodynamique de moins de 4 µm (PM4) qui seraient émises dans l'air par la circulation des camions sur les routes de halages.*

*L'initiateur soutient que la concentration en SiO<sub>2</sub> dans les PM4 serait inférieure à 2 %, ce qui lui permettrait d'être conforme aux engagements pris au cours de l'analyse environnementale du projet et à la condition 4 du décret 166-2022 du 16 février 2022.*

#### **Réponse au commentaire B :**

La modification de décret proposée par MFQ vise à clarifier l'objectif du suivi requis à la condition 4 du décret 166-2022 et de s'assurer que celui-ci soit en phase avec les critères de qualité de l'air pour la silice cristalline définis dans le RAA en introduisant les notions des particules respirables (PM10) et des particules thoraciques (PM4). En guise de clarification, l'échantillonnage complété en 2022 a démontré que les concentrations moyennes en silice cristalline pour les PM4 et PM10 sont inférieure à 2 %. Le diagramme ici-bas représente conceptuellement les hypothèses que nous désirons valider avec le devis d'échantillonnage proposé. Celui-ci présente les résultats obtenus en 2022 concernant l'échantillonnage des PM4 et met en lumière la différence entre les résultats de la concentration moyenne en SiO<sub>2</sub> mesurée dans les stériles d'amphibolite comparativement aux particules qui seraient émises dans l'air par la circulation des camions sur les routes de halage. Nous avons également illustré comment ces résultats s'intègrent dans la modélisation de dispersion atmosphérique et se compare aux hypothèses initialement utilisées dans le modélisation de 2020.



**Figure 1. Diagramme des hypothèses considérées**

L'échantillonnage de 2022 nous a permis d'obtenir les résultats prometteurs validant le conservatisme des hypothèses utilisées dans la modélisation de 2020, démontrant un respect des critères du RAA. MFQ est en accord avec la position du Ministère sur la

nécessité d'obtenir plus de données, ce que MFQ s'engage à réaliser en 2023. Cependant, MFQ demande au Ministère de délier la conclusion de cet échantillonnage supplémentaire à l'autorisation requise pour aménager la halde Sud-Ouest.

## 1 Détermination des teneurs en SiO<sub>2</sub> dans les PM4

### 1.1 Méthode d'échantillonnage

*QCM-1.a L'initiateur doit soumettre un devis d'échantillonnage ou de caractérisation afin que le MELCCFP évalue si les travaux d'échantillonnage qui seront réalisés pour déterminer les teneurs en SiO<sub>2</sub> dans les PM4 répondent à ses attentes.*

#### Réponse:

Cette information est incluse dans le devis d'échantillonnage des particules fines sur la surface de route de halage de la mine qui est présenté à l'annexe A du présent document. MFQ s'engage à réaliser ce suivi pendant l'été 2023 suite à l'approbation des devis par le Ministère. MFQ demande que la modification du décret 166-2022 se poursuivent en parallèle afin de clarifier l'objectif visé par la condition 4.

*QCM-1.b Le devis doit préciser le plan d'échantillonnage, comprenant les stratégies retenues pour définir la zone et les sous-zones d'étude, d'échantillonnage et de prélèvement, de même que le nombre d'échantillons et sous-échantillons nécessaires pour réaliser une étude représentative.*

#### Réponse :

Le devis présenté à l'annexe A du présent document adressent les éléments demandés. La plupart de cette information étaient présentée lors du dépôt initial de la demande de modification de décret, soit dans la note technique intitulée : *Caractérisation de la teneur en silice cristalline des matériaux composant la surface de roulement des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom*, plus spécifiquement à l'annexe A qui s'intitule : *Méthodologie d'échantillonnage du sol*.

En ce qui concerne le nombre d'échantillons prélevés, celui-ci a été établie selon les résultats de l'étude d'évaluation de la teneur en silice cristalline dans les stériles de la mine (Golder, 2022)<sup>3</sup>. Cette étude indique qu'il n'y a pas d'évidence de l'existence de sous-groupe minéralogique distinct dans l'unité d'amphibolite, et qu'il s'agit donc d'une population unique dont la distribution de sa teneur en silice cristalline est log-normale, mais s'apparente à une normale.

---

<sup>3</sup> Golder Associés Ltée (Golder), 2022. Étude minéralogique pour l'évaluation de la teneur en silice cristalline dans les stériles d'amphibolite de la mine du lac Bloom, Fermont, Québec. Document n°006-2149698602-MTF-Rev0 en date du 6 octobre 2022

Cette relative homogénéité de la distribution de la teneur en silice cristalline dans les stériles d'amphibolite de la mine est ensuite accentuée par les procédés d'exploitation des stériles et leur transport depuis la fosse vers les aires d'entreposage temporaire, et éventuellement vers leur lieu de valorisation pour la construction des chemins de halage de la mine.

Dans ce contexte, le prélèvement d'une dizaine d'échantillons permet une définition adéquate de la valeur moyenne de la teneur en silice cristalline dans les particules fines de la surface des chemins de halage selon le théorème central limite. C'est ce qui a guidé l'élaboration du protocole d'échantillonnage des particules fines sur la surface de roulage, soit de prélever un total de 9 échantillons qui étaient réparties sur trois sections de routes minières différentes, ce qui est considéré robuste d'un point de vue statistique et permet de vérifier l'homogénéité dans la zone d'étude.

La sélection des sites d'échantillonnage s'est d'abord basée sur la disponibilité d'un endroit sécuritaire pour conduire le prélèvement. Pour clarification, il n'y a pas de sous-échantillons considérés dans les résultats présentés.

*QCM-1.c Le devis doit préciser les moyens de contrôle pour garantir l'homogénéité des zones d'études.*

**Réponse :**

Le devis est présenté à l'annexe A du présent document.

Tel qu'expliqué à la réponse de la question QCM-1.b, l'homogénéité de l'unité d'amphibolite est supportée par le fait qu'il existe une population unique en silice cristalline dont sa distribution log-normale s'apparente à une normale. Cette relative homogénéité est ensuite accentuée par des procédés d'exploitation des stériles et leur transport à divers endroits de la mine pour valorisation éventuelle pour la construction des chemins de halage de la mine. De plus, la distribution spatiale des teneurs en silice cristalline dans les stériles d'amphibolite est homogène; il n'existe aucun secteur dans la fosse où on retrouve préférentiellement des regroupements de teneurs en silice cristalline systématiquement inférieures ou supérieures à la moyenne de 5,1 % massique (Golder, 2022).

Lors du programme de suivi de la surface de roulement des routes de halage de 2022<sup>4</sup>, neuf échantillons ont été prélevés aléatoirement le long des routes halages qui étaient considérés sécuritaires. Les résultats de cette étude ont montré que les teneurs en silice cristalline des neuf échantillons représentaient une seule population homogène.

---

<sup>4</sup> WSP. 2022. Caractérisation de la teneur en silice cristalline des matériaux composant la surface de roulement des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom. Rapport déposé à Minerai de fer Québec. 9 p. et annexes.

Le nombre minimal d'échantillons à prélever pour définir une moyenne est de 10. Augmenter le nombre d'échantillon à 30 permettrait de bien définir l'écart-type. Afin de valider l'homogénéité de la zone d'étude, le nombre d'échantillons sera donc augmenté de 10 à 30 pour l'année 2023. Si l'échantillonnage confirme que l'écart type et la distribution homogène de la teneur en silice cristalline issue des particules fines de la surface de roulement des routes de halage est similaire à celui que l'on retrouve pour l'amphibolite dans le gisement (Golder, 2022), le nombre d'échantillons sera ensuite réduit à une dizaine annuellement pour les années suivantes.

*QCM-1.d Le devis doit préciser le plan d'assurance qualité (AQ) et l'ensemble des processus du contrôle de la qualité (CQ). Le programme AQ/CQ devra permettre d'évaluer l'incertitude des méthodes utilisées pour l'échantillonnage, pour la préparation des échantillons et pour l'analyse.*

**Réponse :**

Un duplicata sera ajouté pour assurer le contrôle qualité pour chaque dix sous échantillons prélevés. Cela représentera un ratio de 10 % des échantillons. Le plan d'assurance qualité et le processus de contrôle qualité est présenté dans le devis à l'annexe A du présent document.

*QCM-1.e Le devis doit préciser les éléments d'assurance qualité qui seront présentés dans le rapport de caractérisation (ex. les conditions météorologiques durant les prélèvements, des photographies des étapes de prélèvement et de préparation, des photographies et la localisation exacte des zones échantillonnées et des points de prélèvement de chaque échantillon et sous échantillons).*

**Réponse :**

La plupart de cette information était présentée lors du dépôt initial de la demande de modification de décret, soit dans la note technique intitulée : *Caractérisation de la teneur en silice cristalline des matériaux composant la surface de roulement des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom*, plus spécifiquement à l'annexe B qui s'intitule : *Photographie de l'échantillonnage*.

L'information supplémentaire requise pour répondre à la question a été ajoutée au devis qui est présenté à l'annexe A du présent document.

*QCM-1.f Le devis doit préciser la méthode de préparation et d'analyse utilisée et les références sur laquelle la méthode s'appuie de même que ses limites et les résultats du contrôle qualité utilisé.*

**Réponse :**

La plupart de cette information étaient présentée lors du dépôt initial de la demande de modification de décret, soit dans la note technique intitulée : *Caractérisation de la teneur en silice cristalline des matériaux composant la surface de roulement des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom*, plus spécifiquement à l'annexe A qui s'intitule : *Méthodologie d'échantillonnage du sol*.

L'information supplémentaire requise pour répondre à la question a été ajoutée au devis qui est présenté à l'annexe A du présent document.

*QCM-1.g Le devis doit préciser les étapes de calcul utilisées en présentant, par exemple, une analyse dimensionnelle.*

**Réponse :**

La plupart de cette information étaient présentée lors du dépôt initial de la demande de modification de décret, soit dans la note technique intitulée : *Caractérisation de la teneur en silice cristalline des matériaux composant la surface de roulement des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom*.

L'information supplémentaire requise pour répondre à la question a été ajoutée au devis qui est présenté à l'annexe A du présent document.

*QCM-1.h Le devis doit préciser le laboratoire d'analyse utilisé et sur quelle base celui-ci a été retenu.*

**Réponse :**

La plupart de cette information étaient présentée lors du dépôt initial de la demande de modification de décret, soit dans la note technique intitulée : *Caractérisation de la teneur en silice cristalline des matériaux composant la surface de roulement des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom*.

L'information supplémentaire requise pour répondre à la question a été ajoutée au devis qui est présenté à l'annexe A du présent document. Tel qu'indiqué au devis, le laboratoire choisis détient l'accréditation de l'American Industrial Hygiene Association – Laboratory Accreditation Program (AIHA-LAP, LLC) pour l'analyse de la silice cristalline.

*QCM-1.i Le devis doit préciser le ou les diamètres aérodynamiques considérés en comparaison aux diamètres physiques équivalents.*

**Réponse :**

Voir la réponse à la question 2.i.

## 2. Analyse de la teneur en silice cristalline

*QMC - 2.a L'initiateur ne se réfère pas à une méthode d'analyse standardisée de la silice cristalline ou à de la littérature justifiant la démarche qu'il propose. Aucune évaluation des limites de détection n'est présentée, aucun résultat de contrôle de qualité n'est indiqué et la performance de la méthode n'est pas évaluée.*

**Réponse :**

Il n'existe pas de méthode d'analyse accréditée par le Ministère pour la caractérisation du contenu en silice cristalline dans les particules fines sur une surface de roulement. Tel qu'indiqué dans la note technique intitulée : *Caractérisation de la teneur en silice cristalline des matériaux composant la surface de roulement des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom*, la méthode utilisée est similaire à celle employée sur le site de la mine de Canadian Malartic à Malartic en 2016 (WSP, 2016) et celle-ci a également été exigée par le MELCC dans le cadre de l'évaluation du projet de minier Matawinie à Saint-Michel-des-Saints (MELCC, 2020).

Le laboratoire utilisé pour la réalisation des analyses sur la silice cristalline possède divers brevets qui peuvent limiter la nature des informations pouvant être transmises en ce qui concerne la méthode de détection et sa performance. Plusieurs discussions ont eu lieues avec le laboratoire afin de réviser la méthodologie et s'assurer de la conformité des résultats obtenus en lien avec l'objectif visé. Les éléments entourant le contrôle qualité pouvant être transmis au Ministère le seront, en marge de la révision du devis d'échantillonnage, suite à la conclusion de l'analyse légale actuellement en cours de réalisation par le laboratoire. La transmission ultérieure de ces informations ne contrevient cependant pas avec l'objectif visé à la modification du décret qui concerne l'ajout d'une précision sur les particules fines étant mises en suspension par le roulement des camions de halage.

*QMC - 2.b Le ministère recommande à l'initiateur de considérer la réalisation d'une étape de préparation des échantillons permettant de discriminer au maximum la fraction ciblée en utilisant, par exemple, une méthode dérivée de la méthode ASTM D7928 (ASTM, 2021), puis de comparer des résultats de la méthode DRX et par raffinement de Rietveld, avec des résultats de la méthode proposée.*

**Réponse :**

La méthode ASTM D7928 s'intitule « Standard Test Method for Particle-Size Distribution

(Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis ». Son équivalent du Bureau de normalisation du Québec est la suivante : BNQ 2501-025/2013 - Sols Analyse granulométrique des sols inorganiques, notamment la section 8 – Analyse granulométrique par sédimentation (sédimentométrie). Selon cette méthode, l'échantillon de particules fines doit être mélangé avec de l'eau dans un cylindre de sédimentation, et la densité de ce fluide qui contient les particules fines en suspension est mesuré dans le temps selon le rythme de leur décantation, et la quantité de particules fines de chaque plage granulométrique est ensuite calculée selon la loi de Stokes.

Cette méthode de sédimentométrie permet de quantifier la proportion massique des fractions granulométriques des particules fines au niveau des silt et argiles (< 75 µm). Cependant, ceci est effectué selon propriétés hydrodynamiques des particules et, de plus, elle ne permet pas de les ségréguer afin d'isoler un sous-échantillon qui serait constitué uniquement d'une fraction granulométrique visées (p. ex. PM10 ou PM4) pour ensuite les soumettre à un autre essai afin de quantifier la teneur en silice cristalline dans chacune de ces fractions.

La méthode de microscopie électronique à balayage (MEB ou CCSEM : computer-controlled scanning electron microscopy) offre l'avantage d'évaluer la granulométrie des particules fines à sec. Cette méthode est communément utilisée dans le domaine de la minéralogie et des géosciences. Elle est notamment encadrée par cette norme ISO qui précise que cette méthode est applicable pour évaluer la taille des particules fines de 0,1 µm à 3 mm :

- *Organisation internationale de normalisation (ISO) ISO/TS 21383:2021 – Microbeam analysis – Scanning electron microscopy – Qualification of the scanning electron microscope for quantitative measurements*
- *Organisation internationale de normalisation (ISO). ISO 13320:2020 – Analyse granulométrique – Méthodes par diffraction laser.*

Ainsi, il est recommandé de poursuivre l'application de la méthode de microscope électronique à balayage pour atteindre les objectifs de l'évaluation de la silice cristalline dans les particules fines de la surface de roulement des chemins de halage de la mine, et de ne pas l'effectuer avec la méthode de sédimentométrie.

*QMC - 2.c Présenter :*

- *un schéma de préparation ou de traitement des échantillons;*
- *les résultats de l'analyse de diffraction des rayons X (XRD) et en discuter;*
- *les résultats des deux analyses qui ont été effectuées sur chaque échantillon et discuter de la performance analytique.*

**Réponse :**

Un schéma de collecte des échantillons est présenté dans le devis joint à l'annexe A. On retrouve notamment au *Plan d'échantillonnage des surfaces de sol – Silice cristalline (Section*

*B. Fractionnement de l'échantillon), la méthode étape par étape de préparation de l'échantillon avec un schéma issu de l'AP-42 pour le quartage.*

Les données brutes suivantes ont été demandées au laboratoire :

XRD :

- tableau récapitulatif de toutes les phases minérales analysées pour les échantillons de < 75 um et < 45 um en % en poids;
- diagrammes de résultats spectraux de toutes les phases minérales analysées pour les échantillons de < 75 um et < 45 um.

CCSEM :

- tableau résument le pourcentage des phases riches en silice et des autres phases en fonction de la taille des particules : < 2,5 um, 2,5 - 4 um, 4 - 10 um, 10 - 25 um, 25 - 45 um.

Les résultats de l'analyse de diffraction des rayons X (XRD) et des deux analyses qui ont été effectuées sur chaque échantillon seront transmises au Ministère dès qu'elles seront disponibles auprès du laboratoire, en marge de la révision du devis d'échantillonnage. La transmission ultérieure de ces informations ne contrevient cependant pas avec l'objectif visé à la modification du décret qui concerne l'ajout d'une précision sur les particules fines étant mises en suspension par le roulement des camions de halage.

*QMC – 2.d Dans le rapport, des sous-échantillons ont été analysés à l'aide de la microscopie électronique assistée par ordinateur (CCSEM) afin d'obtenir la quantité de silice cristalline par tranche granulométrique. L'initiateur doit expliquer et discuter pourquoi deux échantillons de fraction (de moins de 45 µm et de 75 µm) ont été produits de façon relativement rapprochée.*

**Réponse :**

Le protocole suivi en 2022 a été raffiné à partir de ce qui avait été utilisé dans le dossier de Canadian Malartic en 2016. À cette époque, le critère de qualité de l'air associé à la silice cristalline était sur les particules totales en suspension. Il avait donc été décidé d'utiliser les particules de < 75 µm, qui représentaient les particules totales pouvant être mises en suspension de la couche de roulement dans le modèle de dispersion atmosphérique (silt). L'analyse sur la fraction < 75 µm a été faite dans le présent dossier afin de permettre les comparaisons entre les projets.

En conséquence, tous les échantillons ont d'abord été tamisés avec un tamis de 75 µm, ce qui respecte la méthodologie de préparation d'échantillons en guide d'analyse minéralogique par diffraction à rayon X (DRX). La fraction granulométrique < 75 µm a été soumise à l'analyse DRX afin de mesurer la teneur en silice cristalline dans « l'échantillon total ». Une portion de l'échantillon < 75 µm a ensuite été tamisée avec un tamis de 45 µm ce qui représente la limite de faisabilité technique du tamisage mécanique dans les

laboratoires spécialisés. Ce deuxième tamisage à une granulométrie réduite permet d'augmenter la précision de l'analyse par microscopie électronique assistée par ordinateur (CCSEM) afin d'obtenir le profil granulométrique de l'échantillon, soit spécifiquement < 2,5 µm, < 4 µm, et < 10 µm. Ceci nous permet d'obtenir les résultats validant le conservatisme des hypothèses utilisées dans la modélisation de 2020, démontrant un respect des critères du RAA.

*QMC – 2.e L'initiateur doit détailler le calcul pour établir les concentrations présentées, dont le traitement des résultats sous la limite de détection rapportée.*

**Réponse :**

Le calcul détaillé pour établir les concentrations est présenté à la réponse QMC – 2.f. Pour ce qui est des résultats sous la limite de détection rapportée, par conservatisme, ils ont été considérés comme égale à la limite de détection.

*QMC – 2.f L'initiateur doit détailler le calcul et l'analyse effectuée pour les résultats du pourcentage de quartz respirable.*

**Réponse :**

À titre de clarification, la condition 4 du décret 166-2022 a été établie dans le contexte de l'évaluation du critère annuel de qualité de l'atmosphère pour la silice cristalline dans les particules de taille inférieure à 4 µm (PM4). Plus spécifiquement, cette condition se veut un suivi des paramètres utilisés dans l'estimation des émissions de silice cristalline dans les PM4 liées au routage dans le cadre de l'étude de modélisation de la dispersion atmosphérique, afin de vérifier que « l'hypothèse d'une teneur de 2 % en SiO<sub>2</sub> dans les stériles d'amphibolite retenue dans la modélisation était réaliste et n'entraîne pas une sous-estimation des concentrations attendues de SiO<sub>2</sub> dans l'air ambiant aux récepteurs sensibles. » (MELCC, 2021)<sup>5</sup>.

Pour les fins de la modélisation, les émissions de PM4 [masse des particules < 4 µm] des sources de routage sont déterminées à partir de l'équation 1a de la section 13.2.2 de l'AP-42.<sup>6</sup> Pour estimer les émissions de silice cristalline dans les PM4 [masse de SiO<sub>2</sub> < 4 µm], il faut déterminer une concentration ou teneur de silice cristalline dans les PM4 [masse de SiO<sub>2</sub> < 4 µm / masse des particules < 4 µm] qui est ensuite appliquée aux émissions de PM4.

---

<sup>5</sup> Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2021. Rapport d'analyse environnementale pour le projet d'augmentation de la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers de la mine de fer du lac Bloom sur le territoire de la municipalité régionale de comté de Caniapiscau par Minerai de fer Québec Inc., Dossier 3211-16-011.

<sup>6</sup> U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA). 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors: AP 42. Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources.

À partir des données rapportées par le laboratoire, les étapes suivantes détaillent le calcul pour estimer cette concentration/teneur. Les tableaux 1 à 4 montrent l'ensemble des données rapportées par le laboratoire qui ont été utilisées (colonne A à C) et les résultats d'un calcul (colonnes D à G), et ce, pour chacune des tranches granulométriques analysées.

D'abord, puisque la granulométrie fournie par le laboratoire n'est pas fournie exactement aux tailles granulométriques souhaitées, celle-ci a été recalculée par une interpolation linéaire pour la taille spécifique souhaitée (2,5, 4, 10 ou 75 µm). Par exemple, pour les 4 µm, les granulométries fournies les plus près sont données pour les particules < 3,905 µm et < 4,472 µm, la granulométrie < 4 µm (colonne D) est donc calculée ainsi :

$$D = B + (C - B) \frac{4 - 3,905}{4,472 - 3,905} \quad [\% \text{ volumique}; \frac{\text{volume des particules} < 4 \mu\text{m}}{\text{volume de l'échantillon total}}]$$

De plus, en supposant une densité uniforme à travers la granulométrie, on peut supposer que les pourcentages volumiques sont équivalents aux pourcentages massiques.

Ensuite, la quantité de silice cristalline dans les PM4 (colonne A) fournie par le laboratoire est donnée en pourcentage par rapport à la masse total de l'échantillon, et non uniquement par rapport à la masse des PM4. Celle-ci doit donc être normalisée par la granulométrie < 4 µm de l'échantillon pour obtenir la teneur de silice cristalline. La concentration ou teneur (exprimé en pourcentage) de silice cristalline dans les PM4 (colonne E) est donc calculée ainsi :

$$E = \frac{A}{D} \times 100 \quad [\% \text{ massique}; \frac{\text{masse de } SiO_2 < 4 \mu\text{m}}{\text{masse des particules} < 4 \mu\text{m}}]$$

Finalement, la moyenne des résultats (colonnes F et G) est calculée par la formule suivante :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}, n = 3 \quad [\% \text{ massique}; \frac{\text{masse de } SiO_2 < 4 \mu\text{m}}{\text{masse des particules} < 4 \mu\text{m}}]$$

**Tableau 1.** Résultats du calcul du pourcentage de silice cristalline dans les PM<sub>2,5</sub>

Route	Numéro d'échantillon	Données laboratoires			Résultats du calcul		
		Silice cristalline dans les PM <sub>2,5</sub>	Granulométrie (près de 2,5 µm)		Granulométrie des PM <sub>2,5</sub>	Teneur de silice cristalline dans les PM <sub>2,5</sub>	
		% massique dans l'échantillon totale [masse de SiO <sub>2</sub> < 2,5 µm / masse de l'échantillon total]	% volumique dans l'échantillon totale [volume de particules < 2,269 µm / volume de l'échantillon total]	% volumique dans l'échantillon totale [volume de particules < 2,599 µm / volume de l'échantillon total]	% volumique dans l'échantillon totale [volume de particules < 2,5 µm / volume de l'échantillon total]	% massique dans l'échantillon de PM <sub>2,5</sub> [masse de SiO <sub>2</sub> < 2,5 µm / masse de particules < 2,5 µm]	
		A	B	C	D	E	Moyenne
Route 1	MFQ-route220809-1-1	< 0,01	6,344	7,000	6,803	0,15	0,14
	MFQ-route220809-1-2	< 0,01	6,377	7,022	6,829	0,15	
	MFQ-route220809-1-3	< 0,01	6,875	7,569	7,361	0,14	
Route 2	MFQ-route220809-2-1	< 0,01	4,369	5,048	4,844	0,21	0,21
	MFQ-route220809-2-2	0,01	4,335	4,956	4,770	0,21	
	MFQ-route220809-2-3	< 0,01	4,393	5,027	4,837	0,21	
Route 3	MFQ-route220809-3-1	< 0,01	3,449	3,983	3,823	0,26	0,25
	MFQ-route220809-3-2	0,01	4,051	4,689	4,498	0,22	
	MFQ-route220809-3-3	< 0,01	3,441	3,966	3,809	0,26	

**Tableau 2. Résultats du calcul du pourcentage de silice cristalline dans les PM<sub>4</sub>**

Route	Numéro d'échantillon	Données laboratoires			Résultats du calcul				
		Silice cristalline dans les PM <sub>4</sub>	Granulométrie (près de 4 µm)		Granulométrie des PM <sub>4</sub>	Teneur de silice cristalline dans les PM <sub>4</sub>			
		% massique de l'échantillon totale [masse de SiO <sub>2</sub> < 4 µm / masse de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 3,905 µm / volume de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 4,472 µm / volume de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 4 µm / volume de l'échantillon]	% massique de l'échantillon de PM <sub>4</sub> [masse de SiO <sub>2</sub> < 4 µm / masse de particules < 4 µm]			
		A	B	C	D	E	Moyenne		
Route 1	MFQ-route220809-1-1	0,02	9,254	10,165	9,407	0,21	0,21	0,45	
	MFQ-route220809-1-2	0,03	9,241	10,140	9,392	0,32			
	MFQ-route220809-1-3	0,01	9,936	10,883	10,095	0,10			
Route 2	MFQ-route220809-2-1	0,08	7,508	8,543	7,681	1,04	0,62		
	MFQ-route220809-2-2	0,05	7,201	8,137	7,358	0,68			
	MFQ-route220809-2-3	0,01	7,293	8,230	7,450	0,13			
Route 3	MFQ-route220809-3-1	0,04	5,881	6,669	6,013	0,67	0,52		
	MFQ-route220809-3-2	0,04	6,946	7,878	7,102	0,56			
	MFQ-route220809-3-3	0,02	5,836	6,613	5,966	0,34			

**Tableau 3.** Résultats du calcul du pourcentage de silice cristalline dans les PM<sub>10</sub>

Route	Numéro d'échantillon	Données laboratoires			Résultats du calcul		
		Silice cristalline dans les PM <sub>10</sub>	Granulométrie (près de 10 µm)		Granulométrie des PM <sub>10</sub>	Teneur de silice cristalline dans les PM <sub>10</sub>	
		% massique de l'échantillon totale [masse de SiO <sub>2</sub> < 10 µm / masse de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 8,816 µm / volume de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 10,097 µm / volume de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 10 µm / volume de l'échantillon]	% massique de l'échantillon de PM <sub>10</sub> [masse de SiO <sub>2</sub> < 10 µm / de particules < 10 µm]	
		A	B	C	D	E	Moyenne
Route 1	MFQ-route220809-1-1	0,04	17,247	19,194	19,047	0,21	0,26
	MFQ-route220809-1-2	0,08	17,182	19,127	18,980	0,42	
	MFQ-route220809-1-3	0,03	18,205	20,222	20,069	0,15	
Route 2	MFQ-route220809-2-1	0,13	17,333	19,798	19,611	0,66	0,44
	MFQ-route220809-2-2	0,11	15,858	17,988	17,827	0,62	
	MFQ-route220809-2-3	0,01	16,148	18,422	18,250	0,05	
Route 3	MFQ-route220809-3-1	0,07	13,340	15,247	15,103	0,46	0,36
	MFQ-route220809-3-2	0,04	15,786	18,069	17,896	0,22	
	MFQ-route220809-3-3	0,06	13,157	14,994	14,855	0,40	

**Tableau 4.** Résultats du calcul du pourcentage de silice cristalline dans les PM<sub>75</sub>

Route	Numéro d'échantillon	Données laboratoires			Résultats du calcul		
		Silice cristalline dans les PM <sub>75</sub>	Granulométrie (près de 75 µm)		Granulométrie des PM <sub>75</sub>	Teneur de silice cristalline dans les PM <sub>75</sub>	
		% massique de l'échantillon totale [masse de SiO <sub>2</sub> < 75 µm / masse de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 67,523 µm / volume de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 77,339 µm / volume de l'échantillon]	% volumique de l'échantillon totale [volume de particules < 75 µm / volume de l'échantillon]	% massique de l'échantillon de PM <sub>75</sub> [masse de SiO <sub>2</sub> < 75 µm / masse de particules < 75 µm]	
		A	B	C	D	E	Moyenne
Route 1	MFQ-route220809-1-1	0,7	50,486	53,299	52,629	1,33	1,37
	MFQ-route220809-1-2	0,9	50,695	53,643	52,941	1,70	
	MFQ-route220809-1-3	0,6	52,914	55,853	55,153	1,09	
Route 2	MFQ-route220809-2-1	0,7	44,209	46,185	45,714	1,53	1,79
	MFQ-route220809-2-2	1	43,071	45,248	44,729	2,24	
	MFQ-route220809-2-3	0,7	42,871	44,288	43,950	1,59	
Route 3	MFQ-route220809-3-1	0,8	36,417	37,971	37,601	2,13	2,62
	MFQ-route220809-3-2	1,1	38,975	39,849	39,641	2,77	
	MFQ-route220809-3-3	1,2	38,488	40,980	40,386	2,97	

*QMC – 2.g L'initiateur doit présenter les données brutes des mesures par XRD avec quantification par standard interne, le calcul de la fraction granulométrique et le résultat rapporté.*

**Réponse :**

Voir la réponse à la question 2.c.

*QMC – 2.h La méthode CCSEM établit par analyse et comptage automatique la teneur de différents éléments dans chaque grain ainsi que sa dimension. Selon l'initiateur, cela permettrait de mesurer la composition et le pourcentage volumique de chaque fraction étudiée, mais cette méthode est non standardisée et semble encore en développement. L'initiateur doit justifier la validité de cette méthode.*

**Réponse :**

Les analyses de composition élémentaire/minéralogique et de détermination de la taille des grains ne sont pas normées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). L'analyse par CCSEM est toutefois une méthode standard dans le domaine de la minéralogie et des géosciences. La méthode CCSEM est reconnue par le *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)* et l'*Office of Air Quality Planning and Standards* comme étant robuste pour des mesures simultanées de la composition élémentaire et la taille de particules individuelles, jusqu'à une taille de 0,1 µm<sup>7</sup>. Cette méthode permet donc de regrouper les particules par après en diverses catégories selon soit la composition élémentaire, la taille, ou bien la forme.

*QMC – 2.i En général, le Ministère ne reconnaît pas les résultats obtenus par analyse de granulométrie par diffraction laser s'ils sont comparés à la fraction des PM4 en suspension dans l'air ambiant. Les dimensions des particules considérées avec cette méthode ne sont pas équivalentes aux dimensions des diamètres aérodynamiques considérées dans la réglementation. L'initiateur doit discuter cette différence.*

**Réponse :**

L'analyse par XRD/CCSEM considère le diamètre mesuré optiquement par CCSEM dans son évaluation pour rapporter les résultats par tranches de taille en micron. Cette taille, déterminée sur des particules au sol et non aéroportée, est considérée représentative et utilisable dans l'évaluation actuelle des teneurs de silice dans les particules susceptibles d'être émises à l'atmosphère. Il est à noter que le règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) mentionne la notion de micron dans le cas de la définition des PM10 :

---

<sup>7</sup> Chow, J.C., et Watson, J.G. Guidelines on Speciated Particulate Monitoring (Draft 3). Desert Research Institute. Août 1998. 291 p.

particules de moins de 10 microns et on ne retrouve aucune référence quant aux dimensions des diamètres aérodynamiques. Nous considérons que la méthodologie proposée est suffisante pour répondre aux considérations réglementaires.

Les résultats montrent des teneurs moyennes inférieures à 2 % pour toutes les tranches granulométriques analysées et ceux-ci respectent l'objectif du suivi requis à la condition 4 du décret 166-2022. Cet objectif est de valider l'intrant du modèle de dispersion atmosphérique de 2020 et de s'assurer que celui-ci soit en phase avec les critères de qualité de l'air pour la silice cristalline défini dans le RAA. MFQ recommande de considérer l'inclusion des résultats obtenus par analyse de granulométrie par diffraction laser dans le développement d'une méthodologie certifiée par le Ministère.

### 3. Modélisation de la qualité de l'air

*QCM - 3 Un rapport d'inspection de la station météo PW de décembre 2021 indique que le mât est en mauvaise condition et instable, ce qui peut influencer les mesures et nuire à la qualité des données. L'initiateur doit démontrer que les données mesurées à la station météorologique PW sont de bonnes qualités (absence d'anomalies) et complètes (5 années avec au plus 1 % de données manquantes par année). Ces données doivent être validées par les experts du ministère avant de réaliser toute modélisation. Sinon, les modélisations réalisées avec les données provenant de la station PW ne peuvent servir pour démontrer le respect du critère annuel de SiO<sub>2</sub>.*

#### Réponse :

Selon les résultats d'échantillonnage des particules fines sur la surface de route de halage de la mine, il a été démontré que l'objectif visé à la condition 4 du décret 166-2022 est respecté. MFQ s'engage à de l'échantillonnage supplémentaire à l'été 2023 suite à l'approbation par le Ministère du devis présenté à l'annexe A. Dans l'éventualité où les résultats de l'échantillonnage de 2023 ne répondent pas à l'objectif visé à la condition 4 du décret 166-2022, une mise à jour du modèle selon les recommandations du Ministère sera complétée. La note technique intitulée : *Ajustement du modèle de dispersion atmosphérique et analyse de sensibilité - Étude complémentaire de modélisation de la dispersion atmosphérique* (WSP, 2022), ne devrait plus être considérée dans le cadre de la présente modification de décret.

*QCM - 4 L'initiateur a fourni une analyse de sensibilité avec un tableau des concentrations maximales modélisées de SiO<sub>2</sub> sur une période d'un an aux récepteurs sensibles, ce qui ne permet pas d'analyser la modélisation. Un rapport de modélisation de la dispersion atmosphérique des contaminants complet doit être présenté.*

## Réponse:

Selon les résultats d'échantillonnage des particules fines sur la surface de route de halage de la mine, il a été démontré que l'objectif visé à la condition 4 du décret 166-2022 est respecté. MFQ s'engage à de l'échantillonnage supplémentaire à l'été 2023 suite à l'approbation par le Ministère du devis présenté à l'annexe A. Dans l'éventualité où les résultats de l'échantillonnage de 2023 ne répondent pas à l'objectif visé à la condition 4 du décret 166-2022, une mise à jour du modèle selon les recommandations du ministère sera complétée. La note technique intitulée : *Ajustement du modèle de dispersion atmosphérique et analyse de sensibilité - Étude complémentaire de modélisation de la dispersion atmosphérique* (WSP, 2022), ne devrait plus être considérée dans le cadre de la présente modification de décret.

*QCM – 5 L'initiateur doit présenter des mesures d'atténuation supplémentaires pour les scénarios 4 et 5 en cas d'un dépassement annuel de SiO<sub>2</sub> à la station de suivi.*

## Réponse :

Les données d'échantillonnage des particules fines sur la surface de route de halage de la mine permettent de valider le respect de la condition 4 du décret 166-2022 relativement à la teneur en silice cristalline de la couche de roulement. Il n'est donc pas requis d'ajouter des mesures d'atténuation supplémentaires à ce qui a été déterminé dans le processus d'évaluation environnementale puisque la teneur en silice cristalline de la surface de roulement est inférieure à la condition 4 dictée dans le décret 166-2022, soit 2 %. Mentionnons toutefois que la station de suivi est exposée à diverses sources externes à la mine du lac Bloom et que le décret 166-2022 inclut déjà des engagements reliés aux mesures d'atténuation supplémentaires en cas d'un dépassement annuel de SiO<sub>2</sub> à la station de suivi.

## 4. Demande d'engagements

*QCM – 6 Dans la modélisation, une atténuation de 80 % a été utilisée pour les émissions reliées au routage durant les mois d'été. Selon l'AP-42 (2006), les abat-poussières fournissent une efficacité de contrôle des particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) d'environ 80 % lorsqu'ils sont appliqués à intervalles réguliers de deux semaines à un mois. Pour que cette atténuation puisse être conservée dans la modélisation, l'initiateur doit s'engager à procéder à un épandage régulier d'abat-poussières, de tenir un registre des épandages et de présenter cette information dans le cadre du rapport annuel de suivi et de surveillance environnementale.*

**Réponse :**

Selon les résultats d'échantillonnage des particules fines sur la surface de route de halage de la mine, il a été démontré que l'objectif visé à la condition 4 du décret 166-2022 est respecté. MFQ s'engage à de l'échantillonnage supplémentaire à l'été 2023 suite à l'approbation par le Ministère du devis présenté à l'annexe A. Dans l'éventualité où les résultats de l'échantillonnage de 2023 ne répondent pas à l'objectif visé à la condition 4 du décret 166-2022, une mise à jour du modèle selon les recommandations du Ministère sera complétée et dans l'éventualité où cette mesure d'atténuation est retenue, MFQ s'engage à procéder à un épandage régulier d'abat-poussières, de tenir un registre des épandages et de présenter cette information dans le cadre du rapport annuel de suivi et de surveillance environnemental.

*QCM – 7 Dans le plan de suivi de la SiO<sub>2</sub>, l'initiateur propose d'échantillonner la SiO<sub>2</sub> une fois par année durant le mois de mai ou juin. Cependant, l'initiateur doit s'engager à effectuer l'échantillonnage durant le mois de juillet ou août. Les résultats du suivi devront être transmis au MELCCFP sous forme de rapport annuel.*

**Réponse :**

MFQ s'engage à prioriser l'échantillonnage durant le mois de juillet ou août. Les résultats du suivi seront transmis au Ministère sous forme de rapport annuel. Des échantillonnages supplémentaires à l'automne pourraient être ajoutés advenant la construction de nouveau chemin tardivement pendant la saison de construction. Nous aimerions sensibiliser le Ministère au fait que la période de construction en territoire nordique qui s'effectue en été est courte et souvent bien chargée. De telles contraintes sont parfois complexes à incorporer dans la planification des opérations. Le devis d'échantillonnage propose une période sans précipitation pour une durée de trois jours et celle-ci devrait être retenue. Dans le cadre des rapports annuels, MFQ propose au ministère de réévaluer les modalités de suivi selon la conformité des résultats obtenus.

## Équipe de réponse

Collaborateur	Responsabilité	Collaboration
Jean-François Poulin, biogéologue M. Sc.	Gestion de projet	Intégration des éléments de réponses.
Youri Brochu, géo., M.Sc.A. Hydrogéologue principal	Révision du volet sur la minéralogie, la géochimie et la géologie pour l'évaluation de la silice cristalline dans les stériles	Collaboration pour la rédaction des réponses aux questions 1.b, 1.c, 2.b, 2.d, 2.h
Christian Sole, M.Sc., géo. stag., Géochimiste junior	Collaborateur au volet sur la minéralogie, la géochimie et la géologie pour l'évaluation de la silice cristalline dans les stériles	Collaboration pour la rédaction des réponses aux questions 1.b, 1.c, 2.b, 2.d, 2.h
Sylvain Marcoux, ing. MBA	Suivi de la qualité de l'air	Collaboration pour la rédaction des réponses aux questions 1.a, 1.b, 1.c, 1.d, 1.e, 1.f, 1.g, 1.i, 2.c, 2.g, 2.i
Julien Poirier, ing. M. Sc.	Modélisation de la dispersion atmosphérique	Collaboration pour la rédaction des réponses aux questions 1.i, 2.a, 2.e, 2.f, 2.i, 3, 4, 5 et 6



**Michel Groleau, ing.**

Directeur corporatif affaires gouvernementales

p.j. (1)



MINERAI DE FER QUÉBEC  
QUEBEC IRON ORE

*Annexe A*  
*Devis d'échantillonnage*

755, route 389  
Fermont QC G0G 1J0  
T 418.287.2000  
F 514.819.8100



## NOTE TECHNIQUE

---

<b>CLIENT :</b>	Minerai de fer Québec	
<b>PROJET :</b>	Programme de suivi de la couche de roulement des routes de halage	<b>Réf. WSP :</b> 221-06731-06
<b>OBJET :</b>	Caractérisation de la teneur réelle en silice dans les poussières de sols des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom	<b>DATE :</b> <span style="background-color: #e0e0e0; padding: 2px;">2 juin 2023</span>
<b>DESTINATAIRE :</b> M. Michel Groleau, MFQ		
<b>C.C. :</b> M. Jean-François Poulin, WSP		

---

### 1 CONTEXTE ET OBJECTIF

Minerai de fer Québec (MFQ) a obtenu le 16 février 2022 un décret ministériel afin d'augmenter la capacité d'entreposage des résidus et stériles miniers de la mine de fer du lac Bloom (décret 166-2022). Le décret émis dans la Gazette officielle du Québec en date du 16 février 2022 mentionne que MFQ est tenu de respecter la condition suivante (condition 4) en ce qui a trait à la qualité de l'air ambiant :

*« Minerai de fer Québec Inc. doit tenir un registre des matériaux utilisés pour la construction et l'entretien de la couche de roulement des routes de halage comprenant la date et la zone dans laquelle ils ont été utilisés. Le registre doit démontrer que Minerai de fer Québec Inc. a utilisé seulement des matériaux dont la teneur en silice cristalline n'excède pas 2% par des résultats d'analyses. Ce registre doit être mis à la disposition du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques sur demande et dans le délai qu'il indique.*

*Il doit également déposer auprès du ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques un rapport démontrant qu'il a utilisé seulement des matériaux dont la teneur en silice cristalline n'excède pas 2% pour la construction de la couche de roulement des routes de halage, au plus tard trois mois après la fin de la construction. Des rapports présentant cette information pour les matériaux utilisés pour l'entretien des routes doivent par la suite être transmis par Minerai de fer Québec Inc. au ministre de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques tous les cinq ans. »*

Dans l'objectif de mettre en œuvre cette condition, MFQ a réalisé des études complémentaires visant à mieux cerner les enjeux spécifiques à la teneur en silice cristalline des matériaux utilisés pour les routes de halage et voir comment la gestion de cet enjeu peut se traduire dans ses réalités opérationnelles.

Une caractérisation de la teneur réelle en silice dans les poussières de sols des routes de halage au site de la mine de fer du lac Bloom a été effectuée. Les résultats démontrent que la teneur en silice sur la couche de roulement est en deçà du 2 % tel qu'exigé.

En fonction de ces résultats, un nouveau programme de suivi de la couche de roulement des routes de halage a été élaboré. Ce suivi annuel est basé sur l'analyse de la teneur en silice dans les poussières de sols de la couche de roulement des routes de halage sur le site minier. En complément, la mise en place d'un registre des particules fines composant les matériaux utilisés pour la construction et l'entretien des routes de halage permettra de satisfaire à l'objectif visé par la condition 4 du décret.

La présente note technique détaille la méthodologie employée pour échantillonner la teneur en silice présente dans la couche de roulement. Ce devis a été soumis initialement en novembre 2022 et a été révisé en fonction des commentaires reçus le 12 mai 2023 du MELCCFP. Le tableau suivant détaille les versions du document. Les éléments ajoutés ou mis en lumière sont soulignés en jaune dans le texte.

**Tableau 1:** détail des versions

Version	Date	Description
VF1	11 octobre 2022	Version finale de travail
VF2	2 juin 2023	Version révisée post commentaire MELCCFP ; ajout/mise en lumière souligné en jaune

## 1.1 MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

L'échantillonnage des poussières au sol est réalisé sur des segments de route dans le but d'obtenir un portrait des teneurs en silice cristalline en fonction de la taille des particules. La caractérisation vise donc les routes non pavées sur le site de la mine.

### Choix des sites

L'échantillonnage sera réalisé sur des tronçons de routes jugés représentatives du réseau de voie de circulation de la mine. Dans le cadre d'un programme de suivi régulier, les segments peuvent choisis annuellement de manière à réaliser à long terme un inventaire homogène de l'ensemble du réseau de voie de circulation du site.

Le choix des sites d'échantillonnage sera orienté prioritairement par les contraintes de santé-sécurité du site (présence de machinerie et camions lourds) et des contraintes opérationnelles (répartition du camionnage en fonction de la production, autres activités réalisées sur les routes).

### Choix des périodes

L'échantillonnage sera fait en été et en favoriser les périodes pour lesquelles il n'y a pas eu de précipitation dans les 24 heures précédant l'échantillonnage. Les conditions météorologiques sur une période allant de 24 heures avant le début et jusqu'à la fin de l'échantillonnage seront documentées.

## 2 MÉTHODOLOGIE ET PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

### 2.1 PRÉLÈVEMENT

La méthode de prélèvement est basée sur la méthodologie de l'AP-42 de l'US-EPA<sup>1</sup>. Cette méthode présente les procédures pour échantillonner les poussières au sol sur les routes non pavées et les piles de stockage de matières granulaires.

Pour les sites des routes non pavées, les particules de surface des routes non pavées ont été caractérisées en considérant des prélèvements réalisés sur des bandes de 0,3 m sur la largeur locale des segments de route échantillonnés.

La nomenclature des échantillons sera établie par le chargé du projet. La nomenclature à privilégier est de type :

- IDroute-Idtraverse-date-(#triplicata)

Selon le cas, un suffixe supplémentaire est ajouté, -DUP, dans le cas d'un duplicata.

L'échantillonnage doit être réalisé sur au moins trois traverses de route sur la longueur du segment d'intérêt choisi. Il y a donc création d'un triplicata pour caractériser chaque segment de route. Les bandes de 0,3 m sont identifiées par des cordes et aucun marquage (peinture ou craie) ne doit être effectué. Des prélèvements du sol de surface sur ces bandes sont réalisés avec un balai et un porte-poussière et sont déposés dans une chaudière recouverte d'un sac en plastique de polyéthylène. Un minimum de six prélèvements, répartis spatialement sur la traverse de la route, doit être transféré avec précaution dans la chaudière pour éviter la mise en suspension. Trois chaudières sont ainsi remplies et identifiées de manière à créer un triplicata par segment de route, et ce, sur une distance totale de 800 m.

Finalement, des sous-échantillons représentatifs de chacune des chaudières sont transférés dans des bouteilles, sacs ou autres contenants étanches de polyéthylène pour envoi au laboratoire.

Pour un nombre équivalent à 10% du nombre total de traverse échantillonné d'échantillon de duplicata. La méthode de création du duplicata est présentée dans la procédure de fractionnement à la section B de la méthode détaillée présentée à l'annexe A. La nomenclature de l'échantillon duplicata sera clairement identifié pour l'associé à l'échantillon de la traverse projeté.

### 2.2 FRÉQUENCE

L'échantillonnage des poussières de route aura lieu une fois par année, durant la période estivale. Des échantillonnages complémentaires pourront être effectués après la réception des résultats de la première campagne d'échantillonnage pour mieux caractériser les segments de route sur lesquels des mesures de mitigation devront être mises en place.

<sup>1</sup> US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). AP-42, Appendix C.1, Procedures for sampling surface/bulk dust loading, July 1993.

## 2.3 ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

Le laboratoire RJ Lee Group a été initialement sélectionné pour les analyses de silice cristalline, mais un laboratoire autre, capable de réaliser les analyses requises, peut être utilisé. Ce laboratoire doit détenir l'accréditation de l'American Industrial Hygiene Association – Laboratory Accreditation Program (AIHA-LAP, LLC) pour l'analyse de la silice cristalline.

PM4 vs protocole labo

Dans un premier temps, le laboratoire doit analyser la quantité de silice cristalline dans les échantillons par tranche granulométrique, par analyse de diffraction des rayons X (XRD), combinée à de la microscopie électronique assistée par ordinateur (CCSEM), à partir d'un sous-échantillon utilisable par le microscope. Selon le laboratoire, ce sous-échantillon peut par exemple être formé de la tranche < 45 µm des particules prélevées. Le résultat de cette analyse informe de la quantité de silice cristalline par tranche granulométrique par rapport au poids de l'échantillon complet. Les quantités de silice cristalline respirables ont ainsi été déterminées sur les différentes fractions suivantes :

- Particules de taille inférieure à 75 µm;
- Particules de taille inférieure à 10 µm;
- Particules de taille inférieure à 4 µm;
- Particules de taille inférieure à 2,5 µm.

Selon la procédure du laboratoire et les capacités de son analyseur XRD, la quantification des particules inférieures à 45 µm peut aussi être faite. Dans un deuxième temps, le laboratoire doit déterminer la distribution des tailles de particules de l'échantillon par diffraction laser. Cette analyse, combinée à la quantité de silice cristalline, est nécessaire afin de déterminer les teneurs en silice cristalline par tranche granulométrique.

Ce suivi annuel, basé sur l'analyse de la teneur en silice dans les poussières de sols de la couche de roulement des routes de halage sur le site minier, réalisé en complément avec la mise en place d'un registre des matériaux utilisés pour la construction et l'entretien des routes de halage permettra de satisfaire à l'objectif visé par la condition 4 du décret.

### Plan d'assurance qualité

La validité du processus complet de caractérisation sera évalué en fonction de la revue des activités de contrôle qualité prévues dans cette note et dans la procédure d'échantillonnage.

- Chois des sites et périodes – documentation du choix et des critères de sélection
- Revue des procédures – documentation par photos (site, échantillonnage, échantillons) et revue des feuilles terrain
- Revues des résultats d'analyse – revue des certificats d'analyse du rapport, incluant revue des commentaires et de la documentation de contrôle qualité rendus disponibles par le laboratoire
- Revue des résultats d'analyse – cohérence des triplicatas par tronçon, cohérence des duplicates



Le résultat de la revue du plan d'assurance-qualité sera inclus dans le rapport d'échantillonnage et sera pris en compte dans les conclusions de ce rapport.

PRÉPARÉ PAR

Sylvain Marcoux, ing. MBA (OIQ #116307)  
Directeur de projet



## **ANNEXE A**

### **Méthodologie d'échantillonnage au sol**

## Annexe

# Plan d'échantillonnage des surfaces de sol – Silice cristalline

## Rév 20230602

La présente annexe détaille la procédure terrain employée pour échantillonner la teneur en silice présente dans la couche de roulement. Ce devis a été soumis initialement en novembre 2022 et a été révisé en fonction des commentaires reçus le 12 mai 2023 du MELCCFP. Le tableau suivant détaille les versions du document. Les éléments ajoutés ou mis en lumière sont soulignés en jaune dans le texte.

### Détail des versions

Version	Date	Description
VF1	13 octobre 2022	Version finale
VF2	2 juin 2023	Version révisée post commentaire MELCCFP ; ajout/mise en lumière souligné en jaune

**Objectif :** Plan d'échantillonnage des surfaces de sol dans le but d'établir une proportion réaliste de silice dans les poussières issues de la couche de roulement des voies de transport des opérations minières.

### Source :

Méthode de prélèvement basée sur :

US-EPA, AP-42, Appendix C-1 <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/appendix/app-c1.pdf>

Méthode de fractionnement des échantillons basée sur :

US-EPA, AP-42, Appendix C-2 <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/appendix/app-c2.pdf>

Pour la grosseur des échantillons à prélever, se référer à :

ASTM, C-136, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

### Conditions météorologiques au moment du prélèvement :

Favoriser les périodes pour lesquelles il n'y a pas eu de précipitation dans les 24 heures précédent l'échantillonnage. Documenter les conditions météorologiques sur une période allant de 24 heures avant le début et jusqu'à la fin de l'échantillonnage

## **Santé-sécurité:**

Préparer une Analyse Sécuritaire et environnementale des tâches (ASET) préalablement à la campagne d'échantillonnage. Les prélèvements doivent être effectués sous la supervision d'un membre du personnel de la direction environnement de la mine. S'assurer que les méthodes de prélèvements soient effectuées en respectant les règles de sécurité de la mine. Le travail sur les routes de transport où circulent les camions doit faire l'objet d'une attention particulière.

## **Matériel de base :**

1. Balai en paille de riz 30 cm
2. Porte-poussière à long manche
3. Pelle
4. 2 cordes de 15 m
5. 12 piquets d'échantillonnage
6. 1 masse ou 1 marteau lourd
7. Chaudières étanches de 20L, avec joint d'étanchéité (une par échantillon)
8. Contenants étanches de 400 ml (trois par échantillon)
9. Balance de terrain (10 kg)

## Échantillonnage :

### A. Prélèvement sur routes non pavées :

1. Afin d'obtenir un portrait moyen représentatif des routes du site, il est recommandé de prélever un échantillon sur la traverse de la route à tous les 4,8 km de routes non pavés. Cet échantillon doit être constitué de 3 à 6 prélèvements répartis spatialement à tous les 0,8 km de route, voir le schéma à la figure A.1. Si la route à échantillonner est inférieure à 2,4 km, les 3 prélèvements doivent être effectués à des distances aléatoires sur le segment de route, tel que présenté par le schéma suivant, extrait de la section C.1.2 de l'annexe C1 de l'AP-42.

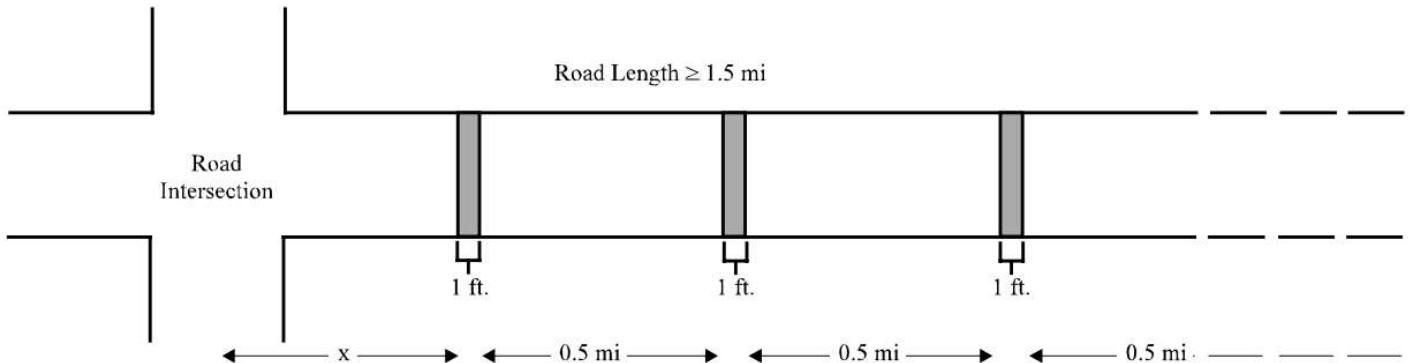


Figure A.1 Schéma de la position des prélèvements sur un segment de route (US-EPA, AP-42, Appendix C.1)

2. Documenter le point d'échantillonnage par la prise des coordonnées GPS du site, des photos des alentours et de la traverse de la route qui sera échantillonnée.
3. Pour chaque échantillon, préparer une chaudière propre de 20 L dotée d'un intérieur en polyéthylène ou en installant un sac résistant en polyéthylène.
4. Pour un nombre équivalent à 10% du nombre total de traverse échantillonné d'échantillon de duplicata. La méthode de création du duplicata est présentée dans la procédure de fractionnement à la section B. La nomenclature de l'échantillon duplicata sera clairement identifié pour l'associé à l'échantillon de la traverse projeté.
5. Prélèvement :
  - 2.1. À l'aide de deux cordes maintenues par des piquets, établir une zone d'échantillonnage transversale à la route de largeur de 0,3 m. Ne pas utiliser du marquage à la peinture ou avec une ligne de craie (chalk line).
  - 2.2. À l'aide du balai et du porte-poussière, prélever le matériel libre de la surface sans affecter la base dure de la route. Le prélèvement à l'aide du balai doit être fait lentement afin d'éviter que la matière fine soit mise en suspension. Les prélèvements doivent être effectués uniquement où les roues des véhicules circulent normalement (c'est-à-dire, éviter les bermes ou de tout « monticule » le long de l'axe de la route).
6. L'échantillon doit avoir un poids total d'environ 10 kg par chaudière. Prendre des photos des échantillons prélevés et des contenants fermés

7. Bien fermer les couvercles en vérifiant qu'ils sont étanches et identifier les contenants.
  
8. Par la suite, fractionner chacun des échantillons en sous-échantillons pour l'analyse de laboratoire, voir la section B - Fractionnement de l'échantillon.

## B. Fractionnement de l'échantillon

Afin de réduire les échantillons en sous-échantillons de taille adéquate pour l'analyse de laboratoire, ceux-ci doivent être fractionnés à l'aide d'une méthode standard. Par exemple, l'annexe C.2 de l'AP-42 propose le quartage de l'échantillon. Selon la granulométrie de l'échantillon, il est possible que cette méthode ne soit pas applicable pour la fraction grossière. Par exemple, l'AP-42 suggère de séparer et peser le matériel >0,6 mm avant d'effectuer le quartage. La méthode est décrite ci-dessous :

- 1. S'assurer de procéder sur un site sans vent et prendre des photos des étapes du fractionnement**
2. Au site d'échantillonnage ou par la suite, vider le contenu de l'échantillon sur une toile de plastique ou sur une surface adéquate (verre, téflon, plexiglas, etc.).
3. Mélanger l'échantillon et former un cône.
4. Aplatir le cône en appuyant sur le dessus sans mélanger davantage.
5. Divisez la pile circulaire plate en quarts égaux en coupant ou en raclant deux lignes droites à angle droit.
6. Disposer de deux quartiers opposés et combiné les deux quartiers restants.
7. Répétez l'opération au besoin jusqu'à ce que l'échantillon soit réduit à une taille de 0,4 à 1,8 kg.
- 8. Afin de créer un duplicata, un quart complet est utilisé comme échantillon et le quart opposé sert à créer duplicata.**
9. Placer ces sous-échantillons dans des contenants étanches de 400 ml, doté d'un intérieur en polyéthylène ou en installant un sac résistant en polyéthylène. La numérotation des échantillons devra être dotée d'un élément permettant de lier chacune des chaudières avec leur contenant de 400 ml associé.

Le schéma du quartage est présent ci-dessous, extrait de la section C.2.1 de l'annexe C2 de l'AP-42.

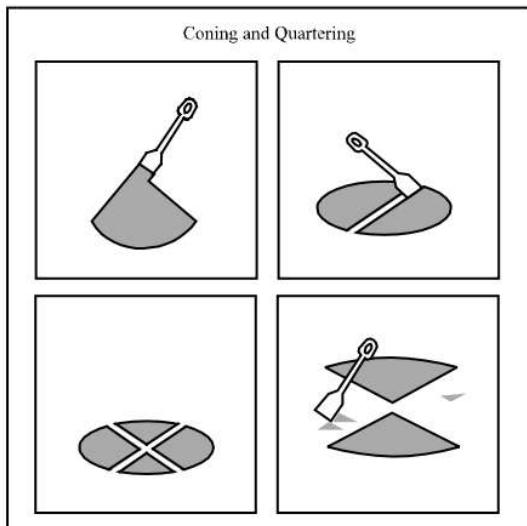


Figure C.2-2. Procedure for coning and quartering.

# FORMULAIRE DE PRISE DES DONNÉES

## **Plan d'échantillonnage des surfaces de sol pour la silice cristalline**



## **ANNEXE B**

### **Photos d'échantillonnage**





