

**RAPPORT D'ENQUÊTE**

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur de l'entreprise  
Pavage Bolduc inc. au port de Salaberry-de-Valleyfield,  
le 12 septembre 2019**

**Service de la prévention-inspection Montérégie-Ouest  
Direction Centre-Sud**

**Version dépersonnalisée**

**Inspecteur :**

\_\_\_\_\_  
**Paul Bélanger**

**Date du rapport : 31 mars 2020**

**Rapport distribué à :**

- Monsieur [ A ], Pavage Bolduc inc.
- Monsieur [ B ]
- Madame Nicole Dubé, Agente principale, Programme Santé et sécurité au travail maritime, Transport Canada
- D<sup>r</sup> Jacques Ramsay, coroner
- D<sup>re</sup> Julie Loslier, directrice de la santé publique de la Montérégie

**TABLE DES MATIÈRES**

|                       |   |                  |
|-----------------------|---|------------------|
| <b><u>1</u></b>       | <b><u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u></b>   | <b><u>1</u></b>  |
| <b><u>2</u></b>       | <b><u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u></b>   | <b><u>3</u></b>  |
| 2.1                   | STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT   | 3                |
| 2.2                   | ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL   | 3                |
| 2.2.1                 | MÉCANISMES DE PARTICIPATION   | 3                |
| 2.2.2                 | GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ   | 3                |
| <b><u>3</u></b>       | <b><u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u></b>  | <b><u>4</u></b>  |
| 3.1                   | DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL  | 4                |
| 3.2                   | DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER  | 4                |
| <b><u>4</u></b>       | <b><u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u></b>   | <b><u>5</u></b>  |
| 4.1                   | CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT   | 5                |
| 4.2                   | CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES   | 7                |
| 4.2.1                 | TRAVAILLEURS  | 7                |
| 4.2.2                 | NAVIRE  | 7                |
| 4.2.3                 | TRAVAUX À EFFECTUER   | 14               |
| 4.2.4                 | PRODUIT   | 15               |
| 4.2.5                 | ESPACE CLOS   | 16               |
| 4.3                   | ÉNONCÉ ET ANALYSE DE LA CAUSE   | 18               |
| 4.3.1                 | L'OXYDATION DU CONCENTRÉ DE ZINC SE TROUVANT À LA BASE DE L'ESPACE CONFINÉ DE L'ÉCOUTILLE DU NAVIRE A PROVOQUÉ UN ABAISSEMENT DE LA CONCENTRATION EN OXYGÈNE À L'INTÉRIEUR DE CELLE-CI, ASPHYXIANT LE TRAVAILLEUR QUI Y ACCÈDE. | 18               |
| <b><u>5</u></b>       | <b><u>CONCLUSION</u></b>  | <b><u>19</u></b> |
| 5.1                   | CAUSE DE L'ACCIDENT   | 19               |
| 5.2                   | SUIVI DE L'ENQUÊTE  | 19               |
| <b><u>ANNEXES</u></b> |   |                  |
| ANNEXE A :            | Accidenté   | 20               |
| ANNEXE B :            | Liste des témoins et des autres personnes rencontrées   | 21               |
| ANNEXE C :            | Rapport d'expertise   | 22               |
| ANNEXE D :            | Fiche de données de sécurité  | 38               |
| ANNEXE E :            | Références bibliographiques   | 42               |

**SECTION 1****1 RÉSUMÉ DU RAPPORT****Description de l'accident**

Le 12 septembre 2019, lors de travaux d'arrimage d'un navire au port de Salaberry-de-Valleyfield, un travailleur accède à l'intérieur d'une écoutille afin de se rendre dans la cale du navire. Quelques minutes plus tard, il est trouvé inconscient à l'intérieur de l'écouille.

**Conséquences**

Le travailleur décède par asphyxie.



*Figure 1: Lieu de l'accident (source CNESST)*

**Abrégé des causes**

L'enquête de la CNESST a permis de retenir la cause suivante pour expliquer l'accident :

- L'oxydation du concentré de zinc se trouvant à la base de l'espace confiné de l'écouille du navire a provoqué un abaissement de la concentration en oxygène à l'intérieur de celle-ci, asphyxiant le travailleur qui y accède.

Limite de l'enquête : La juridiction des entreprises impliquées dans l'enquête fait en sorte que la CNESST a pour mandat d'établir la cause technique expliquant la survenance de cet accident. Afin de déterminer si des causes peuvent être attribuables à la gestion de la santé/sécurité et à l'organisation du travail, le pouvoir d'enquêter au port de Salaberry-de-Valleyfield et sur le navire impliqué appartient à Transport Canada compte tenu que ces deux entreprises sont de compétence fédérale.

**Mesures correctives**

Le contrôle des activités au port de Salaberry-de-Valleyfield et sur le navire étant de compétence fédérale, aucune mesure corrective n'est demandée à l'entreprise Pavage Bolduc inc. par la CNESST.

*Le présent résumé n'a pas de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.*

## SECTION 2

### 2 ORGANISATION DU TRAVAIL

#### 2.1 Structure générale de l'établissement

L'entreprise Valport maritime services inc. (Valport) est responsable de l'ensemble des activités réalisées au port de Salaberry-de-Valleyfield. Elle est de compétence fédérale et elle est dotée d'installations de transbordement pour les navires en offrant l'accès au transport ferroviaire et routier. Des aires d'entreposage sont disponibles et elle offre également une gamme complète de services de mise en caisse, d'emballage, de triage et de consolidation.

L'entreprise Fednav Internationale ltée (Fednav) est une armatrice de vrac au Canada. Elle est de compétence fédérale et elle possède une flotte d'environ 100 navires, dont celui impliqué dans l'accident du 12 septembre 2019. Fednav transporte des cargaisons en vrac et des marchandises générales dans le monde entier. Le siège social est localisé à Montréal. Fednav a plusieurs bureaux à travers le monde.

L'entreprise Pavage Bolduc inc. se spécialise notamment dans les travaux d'excavation résidentiel, commercial et industriel et dans le transport de matières. Elle est de compétence provinciale. Depuis plus de trente ans, elle fait affaire avec l'entreprise Valport pour notamment réaliser du transport de matières en vrac et pour offrir la location de pelles excavatrices utilisées dans les cales de navires. Cette entreprise emploie environ [...] travailleurs œuvrant sur un quart de travail. Monsieur [ A ] et madame [ C ].

#### 2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

##### 2.2.1 Mécanismes de participation

Pour les entreprises Valport et Fednav, le mandat d'évaluer et de décrire les mécanismes de participation est octroyé à Transport Canada.

[...].

##### 2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Le mandat d'évaluer et de décrire la gestion de la santé et de la sécurité pour les entreprises Valport et Fednav est octroyé à Transport Canada.

L'entreprise Pavage Bolduc inc. possède un programme de prévention adapté aux travaux d'excavation et de transport. Le programme est présenté à l'ensemble des travailleurs de l'entreprise. Il n'est toutefois pas spécifique aux activités à réaliser au port de Salaberry-de-Valleyfield et sur les navires.



**SECTION 3****3 DESCRIPTION DU TRAVAIL****3.1 Description du lieu de travail**

Le lieu de travail se situe au quai n° 3 du port de Salaberry-de-Valleyfield où le navire Federal Bristol est accosté pour y décharger les produits se trouvant dans deux de ses cales. Le quai est utilisé pour y décharger directement le produit. Les cales du navire sont accessibles par des écoutilles à partir du pont principal. C'est en accédant dans une écoutille pour se rendre dans une cale que l'accident survient au travailleur de l'entreprise Pavage Bolduc inc.

Selon les informations provenant d'Environnement Canada, le 12 septembre 2019, le ciel est partiellement dégagé et la température moyenne est d'environ 20 °C.



Figure 2 : Vue aérienne du Port de Salaberry-de-Valleyfield  
(source : [www.portvalleyfield.com](http://www.portvalleyfield.com))

**3.2 Description du travail à effectuer**

Le 12 septembre 2019, le navire Federal Bristol se présente au port de Salaberry-de-Valleyfield pour la livraison de sa cargaison. Dans les faits, deux cales chargées de concentré de zinc en vrac sont à décharger au quai n° 3. L'entreprise Valport est responsable des activités de déchargement du navire. Des pelles excavatrices sont chargées dans les cales afin de décompacter le produit et alimenter les grues. Des grutiers opèrent les grues du navire pour recueillir le produit dans la cale et le déposer sur le quai. Par la suite, des chargeuses sur roues sont utilisées pour charger des camions afin de transporter le produit vers le site de stockage.

**SECTION 4****4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE****4.1 Chronologie de l'accident**

Le 12 septembre 2019 vers 6 h 30, monsieur [ D ], opérateur de pelle excavatrice pour l'entreprise Pavage Bolduc inc., se présente à la guérite du port de Salaberry-de-Valleyfield en compagnie d'un [ E ].

Après avoir reçu les autorisations nécessaires, les deux travailleurs se rendent à l'établissement de l'entreprise Valport pour rencontrer [...] qui leur donnent instruction de se rendre au quai n° 3 vers 7 h

Vers 7 h 30, le navire est accosté et amarré au quai. Les travailleurs de Pavage Bolduc inc. et de Valport sont en attente d'obtenir l'autorisation de monter à bord du navire.

L'autorisation de monter à bord est donnée vers 8 h 40. [...] de Valport montent sur le navire pour se rendre aux grues désignées pour le déchargement des cales n° 2 et n° 5.

La grue n° 2 est mise en marche à 8 h 50 pour entreprendre les activités de déchargement. Pour ce faire, une pelle excavatrice est d'abord descendue à l'intérieur de la cale n° 2 à l'aide de la grue. Pendant ce temps, monsieur [ D ] et [...] demeurent en attente sur le quai.

Vers 9 h 20, monsieur [ D ] et [ F ] de l'entreprise Valport installent l'accessoire de levage pour la pelle excavatrice à la grue n° 5. La pelle excavatrice est attachée à l'accessoire et elle est chargée à bord de la cale n° 5 du navire.

Vers 9 h 30, monsieur [ D ] monte sur le navire par la passerelle afin de se rendre dans la cale pour notamment détacher l'accessoire de levage et ensuite, opérer la pelle excavatrice. Au même moment, [ G ] ouvre l'écotille de l'accès arrière à la cale n° 5.

En arrivant sur le pont à proximité de la cale n° 5, monsieur [ D ] rencontre [ G ] qui vient d'ouvrir l'écotille de l'accès arrière de la cale. [ G ] lui fait signe de passer par celle-ci pour descendre. Monsieur [ D ] suit la consigne et accède à l'intérieur de l'écotille en descendant par l'échelle fixe.

Vers 9 h 45, la pelle excavatrice est toujours en attente d'être libérée de l'accessoire de levage au fond de la cale n° 5. [ F ] de Valport prend la décision de monter sur le navire afin d'aller lui-même détacher la pelle excavatrice. Il monte la passerelle d'accès et il se rend à l'écotille de l'accès arrière de la cale. Le couvert de l'écotille étant relevé, il descend l'échelle fixe de 5,8 m jusqu'au premier palier. À cet instant, il découvre, monsieur [ D ], étendu dans l'escalier et inconscient. Il prononce son nom et tente de connaître son état. Commencant à ressentir un malaise, il décide de sortir de l'écotille pour appeler des secours. Il communique rapidement avec [ H ] et il informe l'équipage du navire de la situation.



Les secours s'organisent sur le navire et [ ... ] équipés d'appareil de protection respiratoire autonome se dirigent vers l'écotille de la cale n° 5. Pendant ce temps, [ I ] se trouvant à proximité descend à son tour dans l'écotille où se trouve monsieur [ D ]. Il tente également de communiquer avec le travailleur toujours inconscient. Se sentant faiblir, il remonte sur le pont du navire.

Les services d'urgence sont contactés vers 9 h 58. Des soins sont prodigués par [ ... ] au travailleur toujours immobile et inconscient. Les premiers secours arrivent sur les lieux. Monsieur [ D ] est transporté par ambulance à l'hôpital du Suroît de Salaberry-de-Valleyfield où son décès est constaté.

## 4.2 Constatations et informations recueillies

### 4.2.1 Travailleurs

[...]

### 4.2.2 Navire

Le navire de type laquier ou vraquier (cargo de vrac des Grands Lacs) se nomme le Federal Bristol. Battant pavillon des Îles Marshall, sa construction pour l'entreprise canadienne Fednav date de l'année 2015. Ses dimensions sont de 199,98 m de longueur par 23,76 m de largeur. Il compte environ 22 membres d'équipage et il est équipé de 4 grues d'une capacité de levage de 35 tonnes. Les grues sont notamment utilisées pour charger ou décharger les produits en vrac des 6 cales du navire.



Figure 3: Navire Federal Bristol amarré au quai n° 3 (source CNESST)

Le 12 septembre 2019, les activités de déchargement se déroulent dans les cales n° 2 et n° 5 du navire. Les deux cales de dimensions identiques contiennent chacune plus de 5 000 tonnes de concentré de zinc.

L'accident se produit à l'intérieur de l'écotille d'accès arrière de la cale n° 5. L'écotille est positionnée sur le pont du navire entre la cale n° 5 et la cale n° 6. D'ailleurs, l'écotille d'accès avant de la cale n° 6 est immédiatement positionnée à la droite de l'écotille de l'accès arrière de la cale n° 5.



Figure 4: Écotilles d'accès aux cales n° 5 et n° 6 (source CNESST)

L'écouille de l'accès arrière à la cale n° 5 est notamment munie d'un couvercle étanche qui demeure fermé en tout temps lors de la navigation. Sur ce couvercle, il y est inscrit : « *LOW OXYGEN RISK* » (*risque de faible concentration d'oxygène*). À l'intérieur de ce couvercle, il est inscrit : « *ENCLOSED SPACE, DO NOT ENTER WITHOUT PERMIT* » (*espace clos n'entrez pas sans permis*).

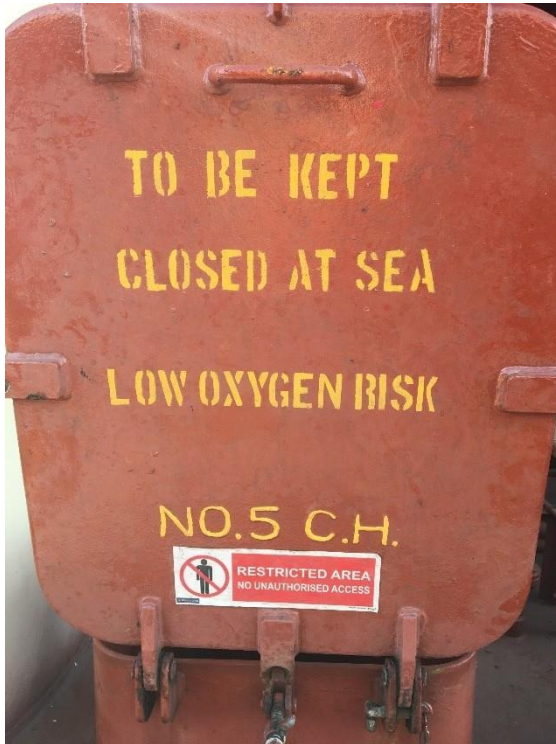


Figure 5: Inscription sur le couvercle de l'écouille n° 5      Figure 6: Inscription sous le couvercle de l'écouille n° 5  
(source CNESST)

Sous le couvercle, on retrouve un grillage d'acier qui peut être verrouillé pour empêcher l'accès à l'intérieur de l'écouille et pour protéger contre une chute dans celle-ci. Toutefois, le 12 septembre 2019, ce grillage n'est pas verrouillé.



*Figure 7 : Grillage pouvant être verrouillé (source CNESST)*



Une fois le couvercle de l'écouille soulevé, l'accès à l'intérieur se fait à l'aide d'une échelle fixe d'une longueur de 5,8 m. À la base de l'échelle fixe, on retrouve une plateforme et le début d'un escalier en colimaçon d'une longueur de 8,3 m. C'est à cet endroit que le travailleur est trouvé inconscient.

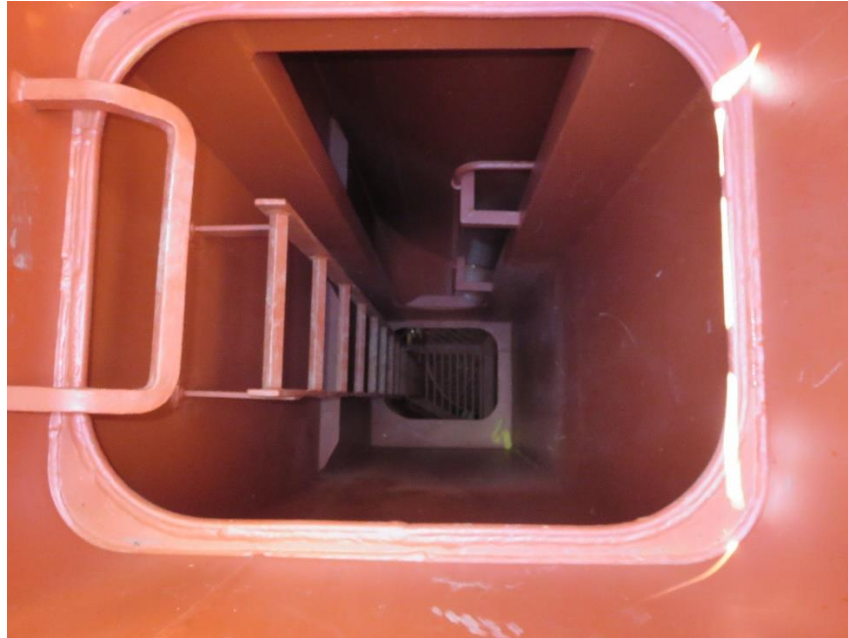


Figure 8: Échelle d'accès arrière dans l'écouille n° 5 (source CNESST)

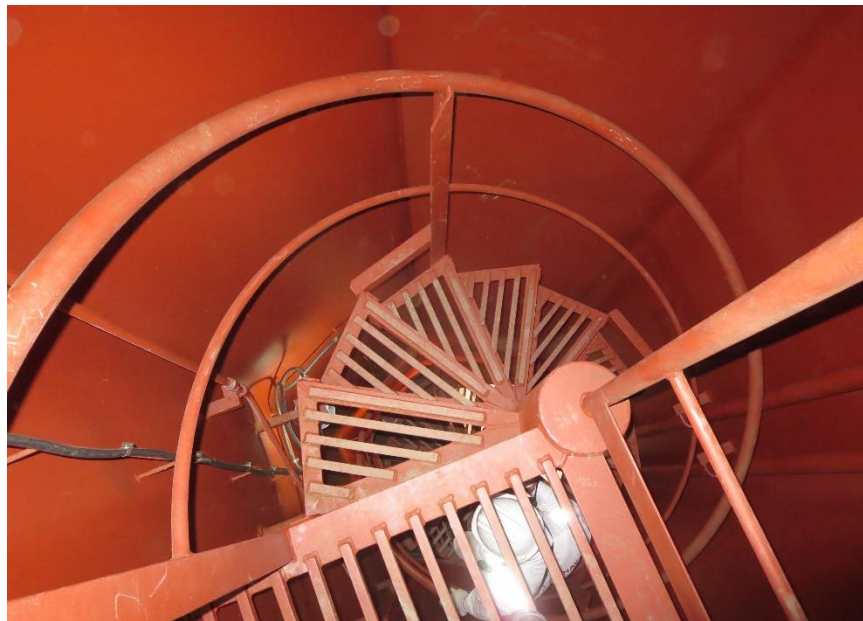


Figure 9: Escalier dans l'écouille de la cale no 5 où le travailleur est trouvé (source CNESST)



L'échelle et l'escalier sont confinés dans des cloisons métalliques. La base de l'escalier se rend directement au fond de la cale. Toutefois, compte tenu de la présence du produit en vrac, la base de l'escalier est inaccessible.



Figure 10 : Vue de la cale n° 5, l'escalier en colimaçon est derrière la cloison (source CNESST)

L'accès arrière de la cale n° 5 est sans issue puisque le concentré de zinc couvre complètement la base de l'escalier. Par le fait même, il empêche la circulation d'air à l'intérieur de l'écouille.



Figure 11 : Base de l'escalier en colimaçon se trouvant derrière la cloison, recouverte de concentré de zinc (source CNESST)



Figure 12: Base de l'escalier en colimaçon partiellement dégagée (source CNESST)

Selon les informations transmises par [...] de Valport cumulant plus de trente années d'expérience dans les activités des ports, c'est la première fois qu'il remarque une telle configuration d'écoutes sans issue lorsque la cale d'un navire contient du produit en vrac.

Puisque l'accès arrière de la cale n° 5 est sans issue, le seul accès permettant de descendre dans la cale est l'écoutille positionnée à l'avant de la cale. Cet accès est également muni d'une échelle fixe et il est ventilé naturellement du fait qu'aucune cloison n'est en place.

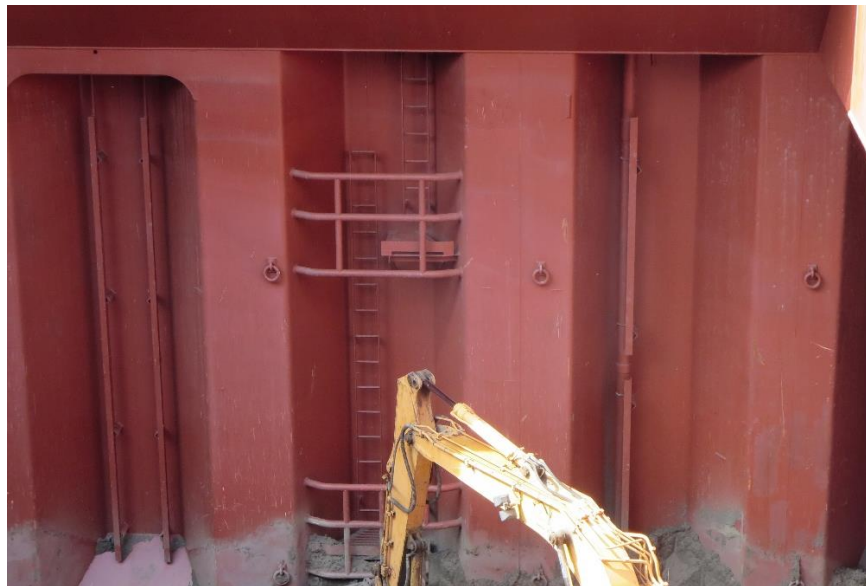


Figure 13 : Accès par l'avant de la cale n° 5 (source CNESST)

### 4.2.3 Travaux à effectuer

Le jour de l'accident, seulement le produit en vrac de deux cales est à décharger du navire. La cale n° 2 contient 5 567 tonnes de produits en vrac et la cale n° 5 contient 5 234 tonnes du même produit. Selon les dirigeants de Valport, c'est le 4<sup>e</sup> ou le 5<sup>e</sup> navire contenant ce même produit à se présenter au port de Valleyfield depuis le début de l'année 2019.

Le produit en question est le concentré de zinc. Celui-ci se compacte lors du voyage et le godet de la grue (clam) n'est pas en mesure de le récupérer sans l'opération de décompactage d'une pelle excavatrice dans la cale du navire. Une pelle excavatrice est alors utilisée pour déplacer le produit en vrac compacté vers le centre de la cale.



Figure 14 : Activités de déchargement dans la cale no 5 (source CNESST)

Lorsqu'ils accèdent sur le navire, tous les travailleurs doivent s'enregistrer à bord. Un registre d'embarquement est tenu à jour par l'équipage. Selon les informations, la majorité des travailleurs sont enregistrés le 12 septembre 2019. Toutefois, le registre ne comprend pas l'enregistrement de monsieur [ D ].

Une fois à bord, les travailleurs sont guidés par des membres de l'équipage pour accéder aux grues et dans les cales. Ils ne sont pas autorisés à circuler seuls et à ouvrir les accès. Ce sont les membres de l'équipage qui indiquent aux travailleurs par où ils doivent passer. Ce sont également eux, qui ouvrent les écoutilles d'accès aux cales et les portes d'accès aux grues.

Peu de temps avant l'accident, [ D et E ] de l'entreprise Pavage Bolduc inc. accèdent sur le navire pour se rendre à la cale n° 2. [ G ] leur indique de passer par l'écouille d'accès arrière de la cale. Cette écouille est identique à l'écouille d'accès arrière de la cale n° 5 où l'accident se produit et elle présente les mêmes dangers. Il ouvre l'écouille et leur dit d'attendre 5 minutes avant de descendre. Étant familier avec les navires et trouvant l'accès plus pratique, [ E ] demande au [ G ] de lui ouvrir l'accès avant de la cale.

[ G ] accède à l'écotille de l'accès avant, il l'ouvre et il fait un test d'air à l'aide d'un détecteur. Par la suite, il permet aux [...] de descendre dans la cale n° 2 par l'écotille de l'accès avant.

Sur les images d'une vidéo du 12 septembre 2019, on aperçoit [ G ] sur le pont du navire qui se dirige vers l'écotille d'accès arrière à la cale n° 5 pour l'ouvrir. Quelques secondes plus tard, il revient sur ses pas et rencontre monsieur [ D ] à proximité. Il fait signe au travailleur de passer par l'écotille d'accès arrière de la cale n° 5 en la pointant du doigt.

[...]

*Figure 15:[ G ] qui indique l'écotille d'accès au travailleur  
(source caméra de surveillance Valport)*

#### 4.2.4 Produit

Le produit à décharger du navire est du concentré de zinc de la sphalérite. Il s'apparente à de la poudre compactée au fond de la cale.

Selon la fiche de données de sécurité du concentré de zinc de grade 2, publiée en 2016 par Glencore Canada, il est recommandé d'éviter l'inhalation des poussières et le contact avec la peau et les yeux. De plus, il est spécifié de :

**SECTION 7. MANUTENTION ET ENTREPOSAGE** [...] L'oxydation de certains concentrés de sulfures en milieu clos peut provoquer un abaissement de la concentration en oxygène du milieu. Il peut y avoir **ASPHYXIE**. **AVANT** de pénétrer dans l'enceinte, vérifier la concentration en oxygène. En cas de faible concentration en oxygène, **porter** un appareil de protection respiratoire autonome (APRA). (Glencore, fiche 062164, p.2/4)



Selon les conclusions d'un chimiste dans son rapport d'expertise (voir annexe C), dans le cas d'une oxydation complète du produit présent (la sphalérite) dans l'écouille, il est déterminé qu'une petite quantité du produit est nécessaire pour faire chuter la concentration d'oxygène à des niveaux pouvant mener au décès. Toutefois, considérant que le produit s'oxyde partiellement, il semble peu probable que la concentration d'oxygène ait diminué sous 6 % dans la partie supérieure de l'écouille. Une stratification des gaz est possible et aurait permis d'avoir une concentration avoisinant les 6 % dans les 5,2 m inférieurs de la section escaliers. C'est dans cette section de l'écouille que le travailleur est retrouvé inconscient.

La concentration en oxygène de 6 % est une concentration conservatrice, certaines sources considèrent qu'un danger de mort existe même à 10 et 11 % surtout lorsque des efforts sont nécessaires à l'accès (échelle, escalier).

#### 4.2.5 Espace clos

Le jour de l'accident, le travailleur accède à un espace clos fermé hermétiquement depuis environ deux semaines dans lequel on retrouve une grande quantité de concentré de zinc. Considérant l'oxydation du concentré de zinc et l'absence de ventilation dans cet espace, la concentration en oxygène est réduite. De plus, avant d'y accéder, aucune lecture ou mesure n'est prise à l'aide d'un détecteur afin de notamment vérifier la concentration d'oxygène dans l'écouille.

À titre de référence, l'article 1 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) définit « l'espace clos » comme étant tout espace totalement ou partiellement fermé tel qu'un puits d'accès qui possède les caractéristiques inhérentes suivantes :

1. Il n'est pas conçu pour être occupé par des personnes ni destiné à l'être, mais qui à l'occasion peut être occupé pour l'exécution d'un travail ;
2. On ne peut y accéder ou on ne peut en ressortir que par une voie restreinte ;
3. Il peut présenter des risques pour la santé, la sécurité ou l'intégrité physique pour quiconque y pénètre, en raison de l'un ou l'autre des facteurs suivants :
  - a) L'emplacement, la conception ou la construction de l'espace, exception faite de la voie prévue au paragraphe 2 ;
  - b) L'atmosphère ou l'insuffisance de ventilation naturelle ou mécanique qui y règne ;
  - c) Les matières ou les substances qu'il contient ;
  - d) Les autres dangers qui y sont afférents ; (RSST, art. 1)

L'évaluation des dangers est l'étape clé de toutes les interventions en espaces clos. Un moyen de contrôle devrait être associé à chacun des dangers répertoriés. Les principaux moyens de contrôle en espace clos sont :

- ◆ la détection des gaz incluant les concentrations en oxygène ;
- ◆ la ventilation avant et pendant les travaux ;
- ◆ le cadenassage et l'obturation des conduits ;
- ◆ l'utilisation des bons équipements de travail, de protection individuelle et collective et d'évacuation d'urgence ;
- ◆ l'application de procédures de travail appropriées et la formation des travailleurs.

Des pompiers se présentent sur les lieux de l'accident environ 45 minutes après la descente de monsieur [ D ] dans l'écoutille. Entretemps, l'écoutille est ventilée naturellement puisqu'elle est maintenue ouverte et des mouvements d'air sont créés par le va-et-vient de plusieurs personnes ([...]) dans l'écoutille.

Avant de descendre dans celle-ci, les pompiers prennent des lectures à l'aide d'un détecteur de gaz. La seule référence anormale détectée par le service de sécurité incendie est la concentration en oxygène qui se trouve à 19,3 %. La lecture fut prise à l'intérieur de l'écoutille à environ 1.5 m de la plateforme située à la base de l'échelle fixe et au début de l'escalier en colimaçon.

Lors de la descente dans l'écoutille, les pompiers portent des appareils de protection respiratoire autonomes. De plus, un système de ventilation mécanique est installé pour aérer l'écoutille pendant les tentatives faites afin de sortir le travailleur.

Selon l'article 302 du Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST art.302), aucun travailleur ne peut pénétrer ou être présent dans un espace clos à moins que : « celui-ci ne soit ventilé par des moyens naturels ou par des moyens mécaniques de manière à ce qu'y soient maintenues les conditions atmosphériques suivantes : 1° la concentration d'oxygène doit être supérieure ou égale à 19,5% et inférieure ou égale à 23% [...] »

Dans le guide *Le travail en espace clos* de la CNESST, un tableau indique que l'air respirable contient environ 21 % d'oxygène et qu'une teneur en oxygène inférieure à 16 % peut causer chez le travailleur une perte de conscience subite. Un incident qui peut être fatal si le travailleur n'est pas immédiatement secouru. (CNESST, 2003, p.6).

| Concentration en oxygène | Effets sur le corps humain   |
|--------------------------|--|
| 23 %                     | Atmosphère enrichie d'oxygène.<br>Limite supérieure à partir de laquelle il est interdit d'entrer dans un espace clos.<br>Aucun effet.                             |
| 20,9 %                   | Concentration normale d'oxygène. Aucun effet.  |
| 19,5 %                   | Concentration minimale pour pouvoir entrer dans un espace clos sans respirateur autonome ou avec un respirateur à adduction d'air avec réserve d'air. Aucun effet. |
| De 12 % à 16 %           | Teneur en oxygène insuffisante pour maintenir une flamme allumée.<br>Respiration saccadée, anxiété, fatigue anormale lorsque l'on fait des mouvements.             |
| De 10 % à 11 %           | Accélération de la respiration et du rythme cardiaque, euphorie, maux de tête.   |
| De 6 % à 10 %            | Nausées et vomissements, incapacité de bouger librement, possibilité de perte de conscience et d'effondrement tout en restant conscient.                           |
| Moins de 6 %             | Arrêt respiratoire suivi d'un arrêt cardiaque; mort en quelques minutes.   |

Tableau 1 : Concentration en oxygène et les effets sur le corps humain  
(source : [www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/Documents/DC200-16088web.pdf](http://www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/Documents/DC200-16088web.pdf))



### 4.3 Énoncé et analyse de la cause

#### 4.3.1 L'oxydation du concentré de zinc se trouvant à la base de l'espace confiné de l'écouille du navire a provoqué un abaissement de la concentration en oxygène à l'intérieur de celle-ci, asphyxiant le travailleur qui y accède.

Le 12 septembre 2019, monsieur [ D ], opérateur de pelle excavatrice, est attiré à des activités de décompactage dans la cale d'un navire accosté au port de Salaberry-de-Valleyfield. Pour ce faire, la pelle excavatrice est d'abord descendue dans la cale du navire à l'aide d'une grue. Par la suite, le travailleur doit se rendre dans le fond de la cale en passant par une écouille.

Après avoir monté sur le navire, [ G ] lui fait signe de passer par l'écouille d'accès arrière de la cale n° 5 en la pointant du doigt. Le travailleur suit alors la consigne et accède à l'écouille fermée hermétiquement depuis environ 2 semaines et dans laquelle on retrouve une grande quantité de concentré de zinc.

L'écouille est un espace clos puisqu'elle est notamment considérée comme étant un puit d'accès où on ne peut en ressortir que par une voie restreinte. Elle présente des risques pour la santé, la sécurité ou l'intégrité physique pour quiconque y pénètre, en raison de sa conception et de l'insuffisance de ventilation naturelle ou mécanique qui y règne. Elle présente également des risques en raison des matières qu'elle contient, soit le concentré de zinc. Le danger de pénétrer dans cette écouille est connu puisqu'il est clairement identifié sur le couvercle de l'écouille.

L'écouille d'accès arrière de la cale n° 5 est sans issue compte tenu de la présence de concentré de zinc en vrac couvrant la base entière de l'escalier d'accès à la cale.

Considérant l'oxydation du concentré de zinc et l'absence de ventilation dans cet espace, la concentration en oxygène est réduite. Selon le rapport d'expertise, une faible quantité de ce produit est nécessaire pour réduire la concentration en oxygène dans l'écouille à des niveaux pouvant mener au décès du travailleur. De plus, avant d'y accéder, aucune lecture ou mesure n'est prise à l'aide d'un détecteur afin de notamment vérifier la concentration d'oxygène dans l'écouille.

La baisse de la concentration en oxygène est liée à l'oxydation du concentré de zinc et par le fait même, à l'asphyxie du travailleur.

Cette cause est retenue.

**SECTION 5****5 CONCLUSION****5.1 Cause de l'accident**

L'enquête de la CNESST a permis de retenir la cause suivante pour expliquer l'accident :

- L'oxydation du concentré de zinc se trouvant à la base de l'espace confiné de l'écouille du navire a provoqué un abaissement de la concentration en oxygène à l'intérieur de celle-ci, asphyxiant le travailleur qui y accède.

Limite de l'enquête : La juridiction des entreprises impliquées dans l'enquête fait en sorte que la CNESST a pour mandat d'établir la cause technique expliquant la survenance de cet accident. Afin de déterminer si des causes peuvent être attribuables à la gestion de la santé/sécurité et l'organisation du travail, le pouvoir d'enquêter au port de Salaberry-de-Valleyfield et sur le navire impliqué appartient à Transport Canada compte tenu que ces deux entreprises sont de compétence fédérale.

**5.2 Suivi de l'enquête**

Le rapport sera transmis à Transport Canada afin qu'ils informent les gestionnaires des installations portuaires canadiennes des dangers reliés à l'accès aux cales de bateaux notamment en fonction du type de marchandise transportée.

Le rapport sera transmis aux associations sectorielles ainsi qu'aux gestionnaires de mutuelles de prévention.

**ANNEXE A****Accidenté**

**Nom, prénom** : [ D ]

*Sexe* : [ ... ]

*Âge* : [ ... ]

*Fonction habituelle* : [ ... ]

*Fonction lors de l'accident* : *Opérateur de machinerie lourde*

*Expérience dans cette fonction* : [ ... ]

*Ancienneté chez l'employeur* : [ ... ]

*Syndicat* : [ ... ]

**ANNEXE B****Liste des témoins et des autres personnes rencontrées**

Monsieur [ J ] Valport maritime services inc.

Monsieur [ K ] Valport maritime services inc.

Monsieur [ L ] Valport maritime services inc.

Monsieur [ A ] Pavage Bolduc inc.

Madame [ C ] Pavage Bolduc inc.

Monsieur [ M ] Valport maritime services inc.

Capitaine [ N ] Hayes Stuart inc.

Monsieur [ O ] Valport maritime services inc.

Monsieur [ P ] Valport maritime services inc.

Monsieur [ B ] Pavage Bolduc inc.

Monsieur [ Q ] Pavage Bolduc inc.

Monsieur Hicham Zroud, inspecteur sécurité maritime Transport Canada

Monsieur Étienne Patenaude, inspecteur sécurité maritime Transport Canada

Monsieur Régis Pouliot, enquêteur Sûreté du Québec

Monsieur Sylvain Moïse, chef aux opérations Service de sécurité incendie de Salaberry-de-Valleyfield

**ANNEXE C****RÉSEAU D'EXPERTISE**  
EN PRÉVENTION-INSPECTION**RAPPORT D'EXPERTISE**

*Risque d'asphyxie lors d'un accident  
ayant causé la mort d'un travailleur de  
l'entreprise Pavage Bolduc inc. au port  
de Salaberry-de-Valleyfield, le 12  
septembre 2019*

*10 janvier 2020*

Rapport présenté à

Paul Bélanger, inspecteur  
Direction régionale de Longueuil  
CNESST

Préparé par  
Charles Labrecque, chimiste, CIH  
DGGCSP, CNESST

*date*

## Table des matières

---

### SOMMAIRE

1. Mise en contexte
2. Description du mandat
3. Méthodologie
4. Informations recueillies
5. Analyse
6. Conclusion et (recommandations)
7. Références
8. Annexe 1      Calculs
9. Annexe 2      Fiche de données de sécurité
10. Lexique et glossaire



## 1 Mise en contexte

Un travailleur voulant accéder au concentré de zinc (sphalérite) dans la cale d'un bateau est retrouvé inconscient dans un escalier permettant d'accéder au chargement. L'aménagement du puit d'accès (écouille, échelle et escalier) fait en sorte que celui-ci est un espace clos. Le décès du travailleur est constaté à la suite de son transport au centre hospitalier.

## 2 Description du mandat

Déterminer si le volume de concentré de zinc (sphalérite) et les réactions d'oxydation possibles ont pu créer une atmosphère pauvre en oxygène dans le puit d'accès permettant d'accéder au chargement. Dans l'affirmative, déterminer si cette diminution aurait pu être suffisante pour entraîner la mort du travailleur.

## 3 Méthodologie

Les deux hypothèses suivantes ont été explorées :

- Une diminution de la concentration d'oxygène uniforme dans l'espace clos (puits d'accès);
- Une diminution de la concentration d'oxygène non-uniforme créant une stratification des gaz dans l'espace clos.

Pour valider ces hypothèses, des calculs de l'oxydation du concentré de zinc (sphalérite) sont effectués pour déterminer la perte d'oxygène dans l'air de l'espace clos. Ces calculs considèrent les rendements attendus de la réaction d'oxydation obtenus par Steger et Desjardins (1). Trois concentrations en oxygène sont étudiées puisqu'elles génèrent chacune les effets physiologiques suivants chez l'humain :

- 16 % Étourdissement (2)
- 12 % Perte de conscience (3-4)
- 6 % Décès (3-4)

## 4 Informations recueillies

Les données nécessaires à la réalisation de l'analyse et à la rédaction du rapport étaient :

- La configuration des lieux afin de calculer les volumes d'air et de concentré de zinc disponibles;
- Les différentes réactions d'oxydation des produits et leurs efficacités;
- Les propriétés physico-chimiques des produits (ex. densité, masses moléculaires).

## 5 Analyse

Différents produits sont présents dans la cale du bateau comme démontré par la fiche de données de sécurité (FDS) (présentée en annexe 2), notamment :

- Zinc (sphalérite)
- Fer (informe que la sphalérite est riche en fer)
- Plomb (galène)

Les produits présents dans la cale peuvent s'oxyder comme le démontre les réactions chimiques présentées à la section 8.1. Ces dernières confirment la possibilité de consommation de l'oxygène dans l'air par ces produits présents l'espace clos.

Pour les fins du rapport, le produit dont la concentration est majoritaire a été considéré dans les calculs (sphalérite : ZnS en considérant la présence de fer qui intervient dans la réaction d'oxydation). D'autres produits sont également présents dans la cale (ex. galène : PbS). Toutefois, ils sont seulement présents comme impuretés et ne feront pas l'objet de calculs.

Pour valider l'impact de la présence de ZnS sur la diminution d'oxygène à l'intérieur du puits d'accès à la cale, les 2 hypothèses suivantes ont été étudiées :

- Une diminution de la concentration d'oxygène uniforme dans l'espace clos (puits d'accès);
  - o Oxydation complète du produit
  - o Oxydation incomplète du produit selon les pourcentages définis par Steger et Desjardins (1);
- Une diminution de la concentration d'oxygène non-uniforme créant une stratification des gaz dans l'espace clos.

Dans le cas où l'on considère que l'ensemble du produit est oxydé comme présenté dans la section 8.4, les pourcentages de ZnS oxydé ainsi que les profondeurs affectées tendent à démontrer qu'il y avait suffisamment de produits présents au fond du puit d'accès pour diminuer la concentration d'oxygène dans celui-ci sous les 6 % pouvant ainsi mener à un décès.

*Tableau 1 : Récapitulatifs des quantités de sphalérite oxydée par rapport au pourcentage d'oxygène dans l'air*

| Concentration en oxygène (en %) | Pourcentage de ZnS oxydé (en %) | Profondeur affectée par l'oxydation dans le cas où la conversion du ZnS est complète (en cm) |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 16                              | 0,013                           | 0,04   |
| 12                              | 0,02                            | 0,07   |
| 6                               | 0,08                            | 0,23   |

Toutefois, selon Steger et Desjardins (1), même pour des périodes prolongées, l'oxydation complète est peu probable et une oxydation incomplète doit être envisagée. Selon leurs données, seulement 0,06 % de la sphalérite serait oxydées dans ces conditions. Considérant cette oxydation partielle, les calculs de la section 8.8 démontre que la quantité de ZnS présente dans au fond du puit d'accès était suffisante pour faire chuter la concentration sous 16 % et 12 %. Toutefois, la quantité de ZnS est insuffisante pour faire chuter la concentration dans l'ensemble du puit d'accès sous 6 %. Cette quantité d'oxygène dans l'air représente la concentration à partir de laquelle un danger de mort peut survenir. Les résultats sont résumés dans le tableau 2.

*Tableau 2 : Récapitulatifs des quantités d'oxygène consommées selon les quantités de sphalérite oxydées.*

| Concentration en oxygène<br>(en %) | Profondeur affectée dans<br>le cas où la conversion du<br>ZnS est incomplète<br>(0,06 %)<br>(en m) | Pourcentage de<br>la sphalérite<br>oxydable du<br>puits devant<br>être oxydé<br>(en %) |
|------------------------------------|--|--|
| 16                                 | 0,63   | 21,7   |
| 12                                 | 0,96   | 33,3   |
| 6                                  | 3,9  | 133,3  |

Considérant que l'hypothèse d'une diminution uniforme de la concentration d'oxygène ne permettait pas d'expliquer la diminution de la concentration en oxygène jusqu'à 6 %, l'hypothèse d'une diminution non-homogène (stratification des gaz) a été explorée. Ces calculs ont permis de déterminer qu'il y avait suffisamment de minerai pour diminuer la concentration en oxygène dans les 5,2 m inférieurs de la partie escalier du puit d'accès. Ainsi, seuls les 20 premiers centimètres de la partie supérieure de l'escaliers de l'espace clos n'auraient pas été affectés par une concentration de 6 % d'oxygène.

### **6 Conclusion et (recommandations)**

Dans le cas où la sphalérite s'est totalement oxydée, peu de sphalérite est nécessaire pour faire chuter la concentration d'oxygène à des niveaux pouvant mener au décès du travailleur. Toutefois, considérant que la sphalérite ne réagit pas totalement avec l'oxygène, il semble peu probable que la concentration d'oxygène ait diminué sous 6 % dans l'ensemble de l'espace du puits d'accès. Toutefois, une stratification des gaz est possible et aurait permis d'avoir une concentration avoisinant les 6 % dans les 5,2 m inférieurs de la section escaliers. Dans ce cas, seulement 20 cm de la partie supérieure des escaliers du puit d'accès n'auraient pas été affectés par une concentration de 6 % en oxygène. La concentration en oxygène de 6 % est une concentration conservatrice, certaines sources considèrent qu'un danger de mort existe même à 10-11 % (5-6) surtout considérant les efforts nécessaires à l'accès (échelle). Cette concentration aurait pu être atteinte dans l'ensemble de l'espace clos. De plus, un pourcentage d'oxydation de la sphalérite différent de celui étudié par Steger et Desjardins est possible et créerait une variabilité (augmentation ou diminution de la quantité d'oxygène).

De plus, d'autres contaminants pourraient également avoir été générés (dioxyde de soufre) et avoir contribué au décès. Aucune évaluation quantitative de cette problématique n'a été réalisée compte tenu de variabilité de cette réaction et que les informations à notre disposition n'indiquaient pas la présence d'irritation sévère des voies respiratoires chez le travailleur décédé.

**7 Références**

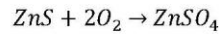
- 1- Steger, H.H.; Desjardins, L.E. *Can. Mineral.* **1980**, *18*, 365-372.
- 2- American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2019 TLVs® and BEIs® : threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati (OH) : ACGIH. (2019).
- 3- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), A Guide to Safety in Confined Spaces (1987)
- 4 – Guide de prévention - Le travail en espace clos  
(<https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-16088web.pdf>)
- 5-  
([https://www.lindeus.com/en/images/2987\\_0416\\_02\\_oxygen\\_deficiency\\_v1\\_tcm138-276006.pdf](https://www.lindeus.com/en/images/2987_0416_02_oxygen_deficiency_v1_tcm138-276006.pdf))
- 6- CSA Z94.4-11 Annexe H,



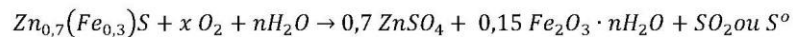
## 8 Annexe 1

### 8.1 Oxydation de la sphalérite

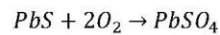
La réaction d'oxydation de la sphalérite ne contenant pas de fer peut être résumée comme suit :



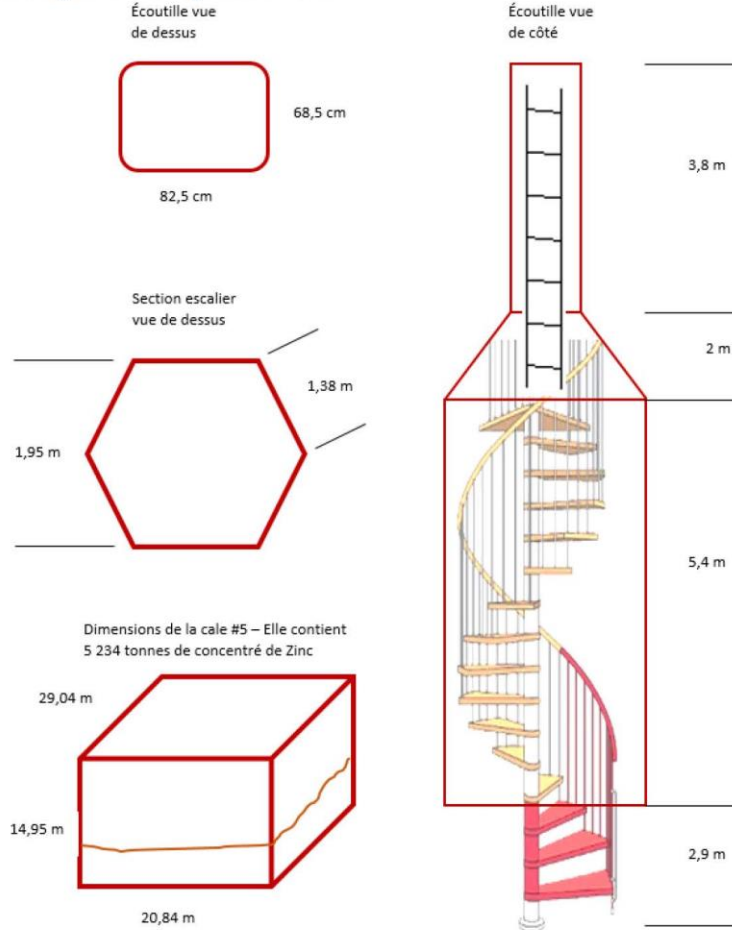
Toutefois, le composé décrit dans la FDS décrit une quantité appréciable de fer. En effet, le composé contient jusqu'à 60 % de sphalérite et 25 % de fer. Le restant des composés est du sulfure de plomb (galène) qui peut contribuer aussi à diminuer la quantité d'oxygène. Toutefois, pour le calcul strict des rapports stœchiométriques de l'oxydation de la sphalérite contenant du fer ne peut être effectuée étant donné que la réaction peut mener soit à la formation de soufre élémentaire ou de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Les facteurs stœchiométriques de la sphalérite purs seront utilisés.



Le produit transporté comporte également une faible teneur en galène (moins de 15 %). La réaction d'oxydation de la galène peut être résumé comme suit :



8.2 Configuration du puits d'accès





### 8.3 Volume du puits d'accès contenant de l'air

Volume de la partie échelle

$$\begin{aligned} \text{Volume partie échelle} &= \text{largeur} \times \text{longueur} \times \text{hauteur} \\ &= 0,685 \text{ m} \times 0,825 \text{ m} \times 4,8 \text{ m} = 2,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume de la partie escaliers

$$\begin{aligned} \text{Volume partie escalier} &= \frac{3 \times \sqrt{3} \times (\text{longueur côté})^2}{2} \times \text{hauteur} \\ &= \frac{3 \times \sqrt{3} \times (1,38 \text{ m})^2}{2} \times 6,4 \text{ m} = 31,68 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume total

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{volume partie échelle} + \text{volume de la partie escalier} = \\ &= 2,7 \text{ m}^3 + 31,68 \text{ m}^3 = 34,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Le volume total est le volume total d'air dans le puit d'accès qui constitue un espace clos.

N.B. La transition entre les deux parties a été séparée équitablement compte-tenu de l'absence d'information sur les dimensions de cette section. L'espace occupé par les structures de l'escalier et l'échelle ont été négligées.

### 8.4 Volume d'oxygène à consommer

#### 8.4.1 Situation où la concentration en oxygène est de 20,9 %

Volume d'oxygène total en situation normale

$$\text{Volume total} = \text{Volume d'air} = 31,68 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume d'oxygène (20,9 \%)} \\ &= \text{Volume d'air} \times \text{Pourcentage d'oxygène dans l'air} \\ &= 34,4 \text{ m}^3 \times 20,9 \% = 7,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### 8.4.2 Situation où la concentration en oxygène est de 16 %

Volume d'oxygène présent si la concentration en oxygène égale 16 % (premiers effets liés au manque d'oxygène)

$$\begin{aligned} \text{Volume d'oxygène (16 \%)} \\ &= \text{Volume d'air} \times \text{Pourcentage d'oxygène dans l'air} \\ &= 34,4 \text{ m}^3 \times 16 \% = 5,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Différence par rapport à la concentration d'oxygène normale (volume d'oxygène consommé)

$$\begin{aligned} \text{Volume d'oxygène consommé} \\ &= \text{Volume d'oxygène (20,9 \%)} - \text{Volume d'oxygène (16 \%)} \\ &= 7,2 \text{ m}^3 - 5,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nombre de moles d'oxygène consommé} \\ &= \frac{\text{Volume d'oxygène consommé (en m}^3\text{)}}{\text{Volume molaire des gaz}} = \frac{1,7 \text{ m}^3}{0,02445 \text{ m}^3/\text{mol}} \\ &= 69,5 \text{ mol} \end{aligned}$$

### 8.4.3 Situation où la concentration en oxygène est de 12 %

Volume d'oxygène présent si la concentration en oxygène égale 12 % (danger de perte de connaissance)

$$\begin{aligned} \text{Volume d'oxygène (12 \%)} \\ &= \text{Volume d'air} \times \text{Pourcentage d'oxygène dans l'air} \\ &= 34,4 \text{ m}^3 \times 12 \% = 4,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nombre de moles d'oxygène consommé} \\ &= \frac{\text{Volume d'oxygène consommé (en m}^3\text{)}}{\text{Volume molaire des gaz}} = \frac{3,1 \text{ m}^3}{0,02445 \text{ m}^3/\text{mol}} \\ &= 126,8 \text{ mol} \end{aligned}$$

### 8.4.4 Situation où la concentration en oxygène est de 6 %

Volume d'oxygène présent si la concentration en oxygène égale 6 % (concentration pouvant causer la mort)

$$\begin{aligned} \text{Volume d'oxygène (6 \%)} \\ &= \text{Volume d'air} \times \text{Pourcentage d'oxygène dans l'air} \\ &= 34,4 \text{ m}^3 \times 6 \% = 2,1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nombre de moles d'oxygène consommé} \\ &= \frac{\text{Volume d'oxygène consommé (en m}^3\text{)}}{\text{Volume molaire des gaz}} = \frac{5,1 \text{ m}^3}{0,02445 \text{ m}^3/\text{mol}} \\ &= 208,6 \text{ mol} \end{aligned}$$

Tableau 3 : Récapitulatifs des quantités d'oxygène consommées

| Concentration en oxygène (en %) | Volume d'oxygène présent dans le puits d'accès (en m <sup>3</sup> ) | Différence par rapport à la concentration d'oxygène normale (en m <sup>3</sup> ) (volume d'oxygène consommé) | Nombre de moles d'oxygène consommées (en moles) |
|---------------------------------|---|--|---|
| 20,9                            | 7,2   |  |   |
| 16                              | 5,5   | 1,7  | 69,5  |
| 12                              | 4,1   | 3,1  | 126,8   |
| 6                               | 2,1   | 5,1  | 208,6   |

### 8.5 Volume du puits d'accès contenant de la sphalérite

La sphalérite recouvre uniquement la partie inférieure du puits d'accès (escaliers)

Volume de la partie escaliers

$$\begin{aligned} \text{Volume partie escalier} &= \frac{3 \times \sqrt{3} \times (\text{longueur côté})^2}{2} * \text{hauteur} \\ &= \frac{3 \times \sqrt{3} \times (1,38 \text{ m})^2}{2} * 2,9 \text{ m} = 14,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 8.6 Quantité de sphalérite dans le puits d'accès

Quantité présente

$$\begin{aligned} &= \text{Volume partie escalier} \times \text{densité du produit (voir FDS)} \\ &\times \frac{1}{\text{Masse moléculaire du ZnS}} \\ &= 14,4 \text{ m}^3 \times \frac{1 \text{ tonne}}{0,57 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ 000 000 g}}{1 \text{ tonne}} \times \frac{1 \text{ mole}}{97,47 \text{ g}} = 258 \text{ 000 moles} \end{aligned}$$

### 8.7 Pourcentage de produit oxydé pour atteindre pour diminuer la concentration en oxygène dans le cas où l'on considère que la conversion de la sphalérite est complète (hypothèse 1.1)

#### 8.7.1 Situation où la concentration en oxygène est de 16 %

En considérant le rapport stœchiométrique de la réaction d'oxydation de la sphalérite, le pourcentage de sphalérite devant être oxydé pour mener à une diminution de la concentration en oxygène sous 16 % a été calculé.

$$69,5 \text{ moles d'O}_2 \times \frac{1 \text{ moles de ZnS}}{2 \text{ moles d'O}_2} = 34,75 \text{ moles de sphalérite oxydée}$$

Pourcentage de la sphalérite devant être oxydée :

$$100 \times \frac{\text{Moles de ZnS oxydée}}{\text{Moles de ZnS dans la cale}} = \frac{34,75 \text{ moles de ZnS oxydée}}{258 \text{ 000 moles ZnS(cale)}} = 0,013\%$$

Profondeur devant être oxydé

$$\text{Pourcentage oxydé} \times \text{Hauteur de la cale} = 0,013\% \times 2,9 \text{ m} = 0,04 \text{ cm}$$

Donc, seul 0,013 % de la sphalérite a besoin d'être oxydée ou seulement 0,04 cm en profondeur.

#### 8.7.2 Situation où la concentration en oxygène est de 12 %

En considérant le rapport stœchiométrique de la réaction d'oxydation de la sphalérite, le pourcentage de sphalérite devant être oxydé pour mener à une diminution de la concentration en oxygène sous 12 % a été calculé.

$$126,8 \text{ moles d'O}_2 \times \frac{1 \text{ moles de ZnS}}{2 \text{ moles d'O}_2} = 63,4 \text{ moles de sphalérite oxydée}$$

Pourcentage de la sphalérite devant être oxydée :

$$100 \times \frac{\text{Moles de ZnS oxydée}}{\text{Moles de ZnS dans la calle}} = \frac{34,75 \text{ moles de ZnS oxydée}}{258\,000 \text{ moles ZnS(calles)}} = 0,02 \%$$

Profondeur devant être oxydé

$$\text{Pourcentage oxydé} \times \text{Hauteur de la calle} = 0,02 \% \times 2,9 \text{ m} = 0,07 \text{ cm}$$

Donc, seul 0,02 % de la sphalérite a besoin d'être oxydée ou seulement 0,07 cm en profondeur.

### 8.7.3 Situation où la concentration en oxygène est de 6 %

En considérant le rapport stœchiométrique de la réaction d'oxydation de la sphalérite, le pourcentage de sphalérite devant être oxydé pour mener à une diminution de la concentration en oxygène sous 6 % a été calculé.

$$69,5 \text{ moles d'O}_2 \times \frac{1 \text{ moles de ZnS}}{2 \text{ moles d'O}_2} = 208,6 \text{ moles de sphalérite oxydée}$$

Pourcentage de la sphalérite devant être oxydée :

$$100 \times \frac{\text{Moles de ZnS oxydée}}{\text{Moles de ZnS dans la calle}} = \frac{208,6 \text{ moles de ZnS oxydée}}{258\,000 \text{ moles ZnS(calles)}} = 0,08\%$$

Profondeur devant être oxydé

$$\text{Pourcentage oxydé} \times \text{Hauteur de la calle} = 0,08\% \times 2,9 \text{ m} = 0,23 \text{ cm}$$

Donc, seul 0,08 % de la sphalérite a besoin d'être oxydée ou seulement 0,23 cm en profondeur.

Tableau 4 : Récapitulatifs des quantités de sphalérite oxydée par rapport au pourcentage d'oxygène dans l'air

| Concentration en oxygène (en %) | Pourcentage de ZnS oxydé (en %) | Profondeur affectée par l'oxydation dans le cas où la conversion du ZnS est complète (en cm) |
|---------------------------------|---------------------------------|--|
| 16                              | 0,013                           | 0,04   |
| 12                              | 0,02                            | 0,07   |
| 6                               | 0,08                            | 0,23   |

Ces calculs permettent de valider la première partie de l'hypothèse 1. Toutefois, l'oxydation complète de la sphalérite est peu probable. Donc, des calculs tenant compte du pourcentage d'oxydation attendu doivent être effectués.



**8.8 Calcul en considérant que l'oxydation est incomplète (hypothèse 1.2).**

Steger et Desjardins ont étudié l'oxydation de la sphalérite. Les résultats de leur étude indiquent que cette conversion, même après une période prolongée, est incomplète. 0,06 % de la sphalérite riche en fer est oxydée. Les pourcentages de sphalérite devant être oxydés sont inférieurs à 0,6 % dans les cas des concentrations en oxygène de 16 % et de 12 %. Dans le cas de la concentration en oxygène de 6 %, la quantité de sphalérite est insuffisante. D'autres causes sont nécessaires, par exemple une stratification des gaz.

Le pourcentage de sphalérite oxydable a été comparé au pourcentage pour déterminer la profondeur du puits devant être oxydé. Les profondeurs devant être oxydées sont plus grandes qu'attendu, mais une oxydation préférentielle des couches supérieures du minerai est probable.

*Tableau 5 : Récapitulatifs des quantités d'oxygène consommées selon les quantités de sphalérite oxydées.*

| Concentration en oxygène (en %) | Profondeur affectée dans le cas où la conversion du ZnS est incomplète (0,06 %) (en m) | Pourcentage de la sphalérite oxydable du puits devant être oxydé (en %) |
|---------------------------------|--|---|
| 16                              | 0,63   | 21,7  |
| 12                              | 0,96   | 33,3  |
| 6                               | 3,9  | 133,3   |

Pour vérifier s'il est possible, que la concentration en oxygène diminue, en l'absence de stratification des gaz, sous les 6 %, un calcul de la contribution probable de la présence de galène a été effectué. La publication de Steger et Desjardins indique que 0,25 % de la galène (PbS) est oxydée. La concentration de galène à l'intérieur de la cale est inférieure à 15 %. Toutefois, la présence de galène était insuffisante pour justifier la baisse du niveau d'oxygène sous 6 % dans l'ensemble du puits d'accès (escaliers et échelle). L'hypothèse 2 d'une stratification des gaz devait ainsi être explorée.

**8.9 Diminution de la concentration d'oxygène non-uniforme créant une stratification des gaz dans l'espace clos (hypothèse 2)**

L'hypothèse 2 devait être explorée puisque lors de l'oxydation incomplète, la concentration en oxygène de 6 % ne pouvait être atteinte dans l'ensemble du puit d'accès.

Selon les données de la section précédente, comme 133 % de la quantité de sphalérite aurait été nécessaire pour diminuer la concentration d'oxygène sous une concentration de 6 % pouvant causer un décès. Il est possible de déterminer

qu'il y avait suffisamment de sphalérite pour atteindre cette concentration dans 75 % de l'espace clos considérant que 33 % de sphalérite supplémentaire auraient été nécessaires pour atteindre 6 % dans l'ensemble de l'espace clos.

Ainsi, l'étendu de 75 % de l'espace sera calculé.

Volume total

$$\text{Volume total} = 34,4 \text{ m}^3$$

$$75\% \text{ du volume total} = 25,8 \text{ m}^3$$

Considérant que l'espace occupé par les escaliers est supérieur à 25,8 m<sup>3</sup>, le calcul sera effectué pour connaître jusqu'à quel endroit dans les escaliers la concentration de 6 % aurait pu être maintenue.

$$\text{Volume partie escalier} = \frac{3 \times \sqrt{3} \times (\text{longueur côté})^2}{2} * \text{hauteur}$$

$$25,8 \text{ m}^3 = 4,95 \text{ m}^2 * \text{hauteur}$$

$$5,2 \text{ m} = \text{hauteur}$$

La hauteur de l'escalier non couvert par le produit étant de 5,4 m et la hauteur à laquelle la concentration de 6 % peut être maintenue étant de 5,2 m, seuls les 20 premiers centimètres de la partie supérieure de l'escaliers n'auraient pas été affectés par une concentration d'oxygène avoisinant 6 % dans le cas de la stratification des gaz.

**9 Annexe 2**

Fiche de données de sécurité

**10 Lexique et glossaire**

FDS    Fiche de données de sécurité



**ANNEXE D**

**Fiche de données de sécurité**

**GLENCORE**

Fiche de données de sécurité  
CONCENTRE DE ZINC GRADE 2

**SECTION 1. IDENTIFICATION DU PRODUIT/PRÉPARATION ET DE LA COMPAGNIE/ENTREPRISE**

**Nom de la substance** **Concentré de zinc de grade 2**  
**Nom commercial** Concentré de zinc  
**Synonymes** Zinc Concentrate Grade 2 (anglais)  
**Version** 01  
**Date d'édition** 7 juin 2016  
**Version FDS** 062165  
**Manufacturier/Fournisseur** Glencore Canada Corporation, 100 King Street West Suite 6900, Toronto, Ontario M5X 1E3  
**Courriel** [product.safety@glencore.com](mailto:product.safety@glencore.com)  
**Personne contact** [product.safety@glencore.com](mailto:product.safety@glencore.com)  
**Numéros de téléphone** +41 41 709 2000

**SECTION 2. IDENTIFICATION DES DANGERS**

**Classification et étiquetage (règlement (CE) No 1272/2008)**  
**Classes de danger (catégories)-Mentions de danger**  
**Risques physiques** Non classé  
**Risques pour la santé** Cancérogénicité (2) : Susceptible de provoquer le cancer. Reprotoxique (1A) : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus. STOT RE (2) : Risque présumé d'effets graves pour les organes (système nerveux central, sang) à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.  
**Risques environnementaux** Aquatique chronique (3) : Peu causer des effets à long terme pour les organismes aquatiques.  
**Étiquetage selon le règlement (CE) No 1272/2008 (CLP/GHS)**  
**Mentions d'avertissement** Danger  
**Pictogrammes de danger**

**Conseils de prudence (prévention, intervention, élimination)**  
**Conseils de prudence (prévention)**  
 Se procurer des instructions spéciales avant utilisation. Ne pas manipuler avant d'avoir lu et compris toutes les précautions de sécurité. Ne pas respirer les poussières/fumées. Utiliser l'équipement de protection individuel requis.

**Conseils de prudence (intervention)**  
 En cas d'exposition ou suspectée : Consulter un médecin.

**Conseils de prudence (élimination)**  
 Éliminer le contenu/récipient conformément à la réglementation locale/ régionale/nationale/internationale

**Conseils de prudence (stockage)**  
 Garder sous clef

**Autres dangers**  
 Les poussières et fumées formées à des températures élevées ou par action mécanique peuvent irriter les yeux, les muqueuses et le système respiratoire, fièvre des fondeurs. Possibilité de maladies pulmonaires (inhalation chronique et répétée). Concentrations élevées de poussières et fumées d'oxyde de fer : pneumoconiose bénigne (siderose). Plomb : accumulation dans le corps et possibilité de lésions (cerveau, système nerveux) ; éviter l'exposition des femmes enceintes. Arsenic : effets nocifs sur la peau, foie, système circulatoire, voies respiratoires supérieures, poumons. Composés du cadmium : reins (dysfonctionnement rénal), os (ostéoporose), voies respiratoires (inflammation chronique). Les effets peuvent être retardés.  
 Contient du cobalt. Possibilité de réaction allergique.  
 Les critères PBT et vPvB pour les substances ne s'appliquent pas à ce produit.

**SECTION 3. COMPOSITION/INFORMATION SUR LES COMPOSANTS**

| Nom               | No CAS    | Pourcentage (%) |
|-------------------|-----------|-----------------|
| Zinc (sphalerite) | 7440-66-6 | <60             |
| Dioxyde de silice | 7631-86-9 | < 40            |
| Fer               | 7439-89-6 | < 25            |
| Plomb (galène)    | 7439-92-1 | <15             |
| Cuivre            | 7440-50-8 | < 5             |
| Cadmium           | 7440-43-9 | < 1             |
| Arsenic           | 7440-38-2 | < 0,8           |
| Antimoine         | 7440-36-0 | < 0,8           |

**Note :** ce produit est une substance UVCB (composition inconnue ou variable, produits de réactions complexes ou matériels biologiques). L'évaluation du risque est fondée sur la caractérisation élémentaire et minéralogique. La sphalerite est le composant principal. Les concentrations sont en pourcent par poids. Pour une composition détaillée, se référer au certificat d'analyse.

**SECTION 4. PREMIERS SECOURS**

**Après contact oculaire** Ne pas frotter les yeux. Enlever les verres de contact. Laver les yeux en profondeur à l'eau en prenant soin de rincer sous les paupières. Si l'irritation persiste, continuer à rincer plusieurs minutes, en rinçant de temps en temps sous les paupières. Si l'inconfort persiste, consulter un médecin.

**GLENCORE**

**CONCENTRE DE ZINC GRADE 2**

|                      |   |
|----------------------|---|
| Après contact cutané | Enlever les vêtements contaminés. Laver la peau avec de l'eau et du savon. Irritation: consulter un médecin. Les coupures et abrasions doivent être rapidement nettoyées. |
| Après inhalation     | Amener à l'air frais immédiatement. Respiration difficile: administration de l'oxygène. Obtenir immédiatement des soins médicaux.   |
| Après ingestion      | Rincer la bouche avec de l'eau après ingestion de poussières. NE PAS faire vomir.   |
| Symptômes et risques | Irritation du nez et de la gorge, des yeux des muqueuses.   |
| Note                 | Intervention médicale et traitements: traiter les symptômes.  |

**SECTION 5. MESURES A PRENDRE EN CAS D'INCENDIE**

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Point d'éclair           | Non applicable  |
| Limites d'inflammabilité | Non applicable  |
| Température autoignition | Non disponible  |
| Risques particuliers     | Incendies ou températures élevées: libération d'oxydes métalliques, d'oxydes de soufre (SO <sub>x</sub> ).  |
| Inflammabilité           | ININFLAMMABLE   |
| Explosibilité            | Non explosif  |
| Moyens d'extinction      | Utiliser un agent d'extinction approprié adapté à l'environnement immédiat. Présence de matière en fusion: utiliser du sable, du chlorite de sodium.<br><b>NE PAS</b> utiliser d'eau ou d'agents d'extinction halogénés.<br>Déplacer les conteneurs de la zone d'incendie si sans risque. |
| Équipement de protection | Les pompiers doivent porter des vêtements de protection recouvrant entièrement le corps et un appareil de protection respiratoire autonome (APRA).  |

**SECTION 6. MESURES À PRENDRE EN CAS DE DÉVERSEMENTS ACCIDENTELS**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Mesures                  | Fournir une ventilation adéquate. Éviter l'inhalation des poussières et le contact avec la peau et les yeux. Précautions environnementales: éviter le relargage dans l'environnement. Informer le responsable de l'environnement de tous déversements majeurs.   |
| Méthodes                 | Éviter la formation et la dispersion de poussières. Utiliser les outils appropriés pour minimiser la production de poussières: balayage ou aspiration et déposer dans un contenant de récupération pour élimination. Par aspiration, les aspirateurs doivent être équipés de filtre HEPA (high efficiency particulate air). Attendre que le métal en fusion durcisse avant le nettoyage. |
| Équipement de protection | Utiliser des enceintes fermées, des systèmes locaux de ventilation ou d'autres procédés d'ingénierie pour garder la quantité de particules dans l'air au-dessous des niveaux recommandés. Utiliser un équipement de protection contre les explosion lorsque les concentrations en poussières/air sont élevées.   |

**SECTION 7. MANUTENTION ET ENTREPOSAGE**

|                    |   |
|--------------------|---|
| Manutention        | Éviter la formation de poussières. L'accès au lieu de travail est restreint au personnel qui manipule le produit. Manipuler si possible dans des lieux clos. Ne pas mouiller le métal en fusion. Utiliser les outils appropriés. NE PAS inhaler les poussières. Éviter le contact avec les yeux et la peau, la matière en fusion, les surfaces aigues et chaudes. Ne pas utiliser d'eau sur la matière en fusion. Porter des vêtements de protection appropriés. Suivre de bonnes règles d'hygiène industrielle. Les règles d'hygiène devraient inclure le lavage des mains et des lieux avec de l'eau et du savon avant de quitter les lieux, de suivre les dispositions nationales particulières concernant le plomb et ses composés. L'oxydation de certains concentrés de sulfures en milieu clos peut provoquer un abaissement de la concentration en oxygène du milieu. Il peut y avoir <b>ASPHYXIE</b> . <b>AVANT</b> de pénétrer dans l'enceinte, vérifier la concentration en oxygène. En cas de <b>faible</b> concentration en oxygène, <b>porter</b> un appareil de protection respiratoire autonome (APRA). |
| Chargement en vrac | Nivelage de la cargaison: s'assurer que la différence de hauteur entre hauts et bas n'excèdent pas 5% de la largeur du navire et que la cargaison doit glisser en pente douce depuis les limites des écoutes jusqu'aux cloisons et être bien étendue de façon à éviter les risques de déplacement pendant le voyage, en particulier sur des navires plus petits, exemple 100 m de long ou moins.<br>Densité de la cargaison: extrêmement élevée ce qui peut induire un trop grand stress à la surface du plafond de ballast sauf si la cargaison est uniformément répartie à la surface du plafond de ballast pour égaliser la distribution du poids. Il convient de veiller à ce que la surface du plafond de ballast ne subisse pas de pression excessive durant le voyage et durant le chargement d'une pile de cargaison.   |
| Stockage           | Stocker dans un endroit sous clé, sec, loin de substances incompatibles. Certains concentrés de sulfures s'oxydent et peuvent dégager de la chaleur.  |

**SECTION 8. CONTRÔLE DE L'EXPOSITION/PROTECTION INDIVIDUELLE**

| Nom            | No CAS    | Pourcent % | Valeurs d'exposition admissibles              |
|----------------|-----------|------------|---|
|                |           |            | ACGIH (É.-U.) TLV-TWA (mg/m <sup>3</sup> )    |
| Plomb (galène) | 7439-92-1 | <15        | 0.05 mg/m <sup>3</sup>                        |
| Cuivre         | 7440-50-8 | < 5        | 1 mg/m <sup>3</sup>                           |
| Cadmium        | 7440-43-9 | < 1        | 0.002 mg/m <sup>3</sup> (fraction respirable) |
| Arsenic        | 7440-38-2 | < 0.8      | 0.01 mg/m <sup>3</sup>                        |
| Antimoine      | 7440-36-0 | < 0.8      | 0.5 mg/m <sup>3</sup>                         |

## GLENCORE

### CONCENTRE DE ZINC GRADE 2

**Note :** 1- Consulter les responsables locaux pour connaître les valeurs considérées comme acceptables  
2- Union européenne (UE) : consulter pour les états membres les Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP). Autres législations : consulter les valeurs limites d'exposition professionnelles propres à chaque pays.

**Contrôles d'ingénierie** Utiliser des enceintes fermées, des systèmes locaux de ventilation ou d'autres procédés d'ingénierie pour garder la quantité de particules dans l'air au-dessous des niveaux recommandés. Utiliser un équipement de protection contre les explosions lorsque les concentrations en poussières/air sont élevées.

#### SECTION 9. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

|                                     |                               |  |                |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|----------------|
| <b>État physique et apparence</b>   | Solide (poudre)               | <b>Odeur</b>                                 | Inodore        |
| <b>pH</b>                           | Non applicable                | <b>Couleur</b>                               | Non disponible |
| <b>Point d'ébullition</b>           | Non applicable                | <b>Volatilité (%)</b>                        | Non applicable |
| <b>Température de décomposition</b> | Non disponible                | <b>Viscosité</b>                             | Non applicable |
| <b>Facteur d'arrimage</b>           | 0.33-0.57 (m <sup>3</sup> /t) | <b>Seuil de l'odeur</b>                      | Non applicable |
| <b>COV (% poids)</b>                | Non applicable                | <b>Coefficient (partition n-octanol/eau)</b> | Non applicable |
| <b>Densité de vapeur</b>            | Non disponible                | <b>Oxydant (propriétés)</b>                  | Non oxydant    |
| <b>Solubilité</b>                   | Non (eau)                     |  |                |

#### SECTION 10. STABILITÉ ET REACTIVITÉ

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Stabilité</b>                 | Oui (dans les conditions normales de températures). Certains concentrés de sulfures s'oxydent et peuvent dégager du dioxyde de soufre. |
| <b>Réactivité</b>                | Réactions dangereuses : non.   |
| <b>Décomposition dangereuse</b>  | Décomposition à des températures élevées ou lors d'un incendie : oxydes métalliques, de soufre.  |
| <b>Conditions à éviter</b>       | Contact avec les substances incompatibles  |
| <b>Polymérisation dangereuse</b> | Non  |
| <b>Matières à éviter</b>         | Acide minéral et agents oxydants forts   |

#### SECTION 11. DONNÉES TOXICOLOGIQUES

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Généralité</b>                 | L'exposition à ce produit peut causer des effets néfastes pour la santé.  |
| <b>Voies d'exposition</b>         | <b>Inhalation :</b> Poussières : peuvent causer l'irritation des voies respiratoires<br><b>Ingestion :</b> Peut causer de l'irritation et des maux de tête.<br><b>Contact oculaire et cutané :</b> Poussières : peuvent causer l'irritation des yeux et de la peau. |
| <b>Irritation-sensibilisation</b> | Contact oculaire et de la peau aux poussières : possibilité d'irritation des yeux, de la peau<br>Sensibilisation respiratoire ou cutanée : n'est pas un sensibilisateur.  |
| <b>Cancérogénicité</b>            | <b>Plomb :</b> POSSIBLE (homme, groupe 2B, IARC).<br><b>Cadmium :</b> PROUVÉE (groupe 1, IARC).<br><b>Arsenic :</b> PROUVÉE (groupe 1, IARC).<br><b>Dioxyde de silice :</b> NON CLASSÉ (homme, groupe 3, IARC).   |
| <b>Mutagénicité</b>               | Bien que les données des tests soient concluantes, elles ne sont pas suffisantes pour faire l'objet d'une classification.   |
| <b>Reprotoxicité</b>              | Peut avoir des effets sur la fertilité, incluant des effets néfastes sur les enfants à naître.  |
| <b>Exposition STOT</b>            | <b>Unique :</b> Bien que les données des tests soient concluantes, elles ne sont pas suffisantes pour permettre une classification.<br><b>Exposition répétée ou prolongée :</b> peut produire des dommages au système nerveux central, au sang.                     |
| <b>Risque d'aspiration</b>        | Non classé  |

#### SECTION 12. DONNÉES ÉCOLOGIQUES

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Ecotoxicité</b>                  | Toxicité aquatique : nocif pour les organismes aquatiques avec des effets à long terme. |
| <b>Mobilité (sol)</b>               | La mobilité est faible dans l'eau et dans l'environnement                               |
| <b>Persistence et dégradabilité</b> | Non biodégradable   |
| <b>Évaluations PBT et vPvB</b>      | Non applicable  |
| <b>Bioaccumulation</b>              | Bioaccumulation potentielle de certaines substances                                     |

#### SECTION 13. DONNÉES SUR L'ÉLIMINATION DES PRODUITS

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Méthodes d'élimination</b> | Déchet (résidus ou inutilisés) : ramasser le produit et retourner dans le procédé, si cela est possible. En disposer en conformité avec les réglementations locales. |
| <b>Emballage contaminé</b>    | Conteneurs vides : peuvent contenir des résidus du produit ; suivre les avertissements inscrits sur l'étiquette.   |

#### SECTION 14. INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Code IMSBC</b> | Liste : Concentrés de minéraux<br>BCSN : Concentré de zinc<br>Classe de risque (code IMSBC) : Non applicable<br>Groupe (code IMSBC) : A<br>Le produit peut se liquéfier lorsque la teneur en humidité dépasse la teneur limite admissible aux fins du transport.<br>Angle de repos (degré) : Non applicable |
|-------------------|---|



**GLENCORE**

**CONCENTRE DE ZINC GRADE 2**

Taille : N/A  
 Masse volumique : de 1 754 à 3 030 kg/m<sup>3</sup>  
 Non combustible ou risque de feu faible. Peut décomposer la jute ou la toile recouvrant les palettes de cale. Le transport continu de cette cargaison peut avoir des effets structurels destructeurs sur de longues périodes de temps.  
**IATA** Non applicable car cette matière n'est pas transporté par air  
**IMDG** Non réglementé comme matière dangereuse  
**MARPOL (Marine Pollution)** Polluant marin : non HME.

**SECTION 15. INFORMATION REGLEMENTAIRE**

**LISTE DES INVENTAIRES CHIMIQUES INTERNATIONAUX**

|                         |   |     |
|-------------------------|---|-----|
| AUSTRALIE               | Inventaire des Substances chimiques australien (AICS)           | Non |
| CANADA                  | Liste des Substances domestiques (LSD)                          | Non |
| CANADA                  | Liste des Substances non domestiques (LSND)                     | Non |
| CHINE                   | Inventaire des Substances chimiques existantes en Chine (IECSC) | Non |
| EUROPE                  | Inventaire des Substances chimiques existantes (EINECS)         | Non |
| JAPON                   | Inventaire des Substances chimiques existantes (ENCS)           | Non |
| CORÉE                   | Liste des substances chimiques existantes (ECL)                 | Non |
| NOUVELLE-ZÉLANDE        | Inventaire de Nouvelle-Zélande                                  | Non |
| PHILIPPINES             | Inventaire des produits et substances chimiques de Philippine   | Non |
| ÉTATS-UNIS & PORTO-RICO | Inventaire du Toxic Substances Control Act (TSCA)               | Non |

*OUI : indique que tous les composants de ce produit sont conformes aux exigences des inventaires administrés par les gouvernements de ce ou ces pays*

**SECTION 16. AUTRES INFORMATIONS**

**Bibliographie** IARC monographs. Overall Evaluation of Carcinogenicity (Volumes 1100A)  
**Glossaire** ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
 BCSN : Bulk Cargo Shipping Name  
 CAS : Chemical Abstract Service number (identifiant unique des composés chimiques)  
 GHS : Global Harmonization System (SGH Système global d'harmonisation)  
 HME : Harmful to the Marine Environment.  
 IARC : International Agency for Research on Cancer.  
 PBT : Persistent, bioaccumulative, toxic substances (substances persistantes, bioaccumulatives, toxiques)  
 STOT-RE: Specific target organ toxicity, Répéated (toxicité spécifique pour certains organes cibles, répétée)  
 TLV : Threshold Limit Value (valeur limite d'exposition)  
 vPvB : Very persistent, very bioaccumulative substances (substances très persistantes, très bioaccumulatives).

**Avis au lecteur**

*Cette fiche de données et les informations relatives à la santé, sécurité et environnement sont considérées comme exactes au moment de la publication spécifiée plus bas. Toutes les informations fournies par des sources tierces extérieures aux compagnies du groupe Glencore ont été revues. Cependant, aucune garantie ou déclaration, expresse ou implicite quant à l'exactitude ou l'exhaustivité des données et de l'information n'est faite. Cette fiche traite de précautions sur la santé et la sécurité et de conseils sur l'environnement qui peuvent ne pas représenter exactement toutes les personnes ou toutes les situations. Le produit et son usage devront faire l'objet d'une évaluation spécifique par l'utilisateur afin de l'utiliser de façon sécuritaire et de se conformer aux lois et règlements en vigueur. Aucune déclaration dans cette fiche ne doit être interprétée comme une permission, recommandation ou autorisation donnée ou implicite de breveter une invention sans une licence valide. Glencore décline expressément toute responsabilité pour les dommages ou blessures résultant d'une utilisation anormale du produit, du non-respect des recommandations ou des risques inhérents à la nature du produit.*

**Date de création :** 7 juin 2016      **Date de révision :** aucune

**Traduction** Groupe STEM Consultants/Société en commandite Revenu Noranda      **Date** 9 juin 2016  
 La présente fiche de données de sécurité, traduite par le groupe STEM Consultants/ Société en commandite Revenu Noranda, constitue, au meilleur de notre connaissance, une traduction fidèle de la fiche de données de sécurité originale ci-jointe soumise par le fournisseur et rédigée en anglais.  
 Advenant le cas où il serait noté une disparité entre la fiche de données de sécurité originale du fournisseur et la présente traduction française, veuillez s'il vous plait nous le signaler immédiatement, et ce, afin que nous puissions aviser en conséquence :  
 Viviane DeQuoy, hygiéniste industrielle  
 Société en commandite Revenu Noranda, 860, boulevard Gérard Cadieux, Salaberry-de-Valleyfield (Québec) Canada J6T 6L4  
 Téléphone (heures de bureau) : (450) 373-9144 poste 2394      Télécopieur : (450) 373-3929

**ANNEXE E****Références bibliographiques****Loi et règlement**

QUÉBEC. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 13, à jour au 1<sup>er</sup> novembre 2019*, [En ligne], 2019, article 1. [<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%2013>] (Consulté le 15 janvier 2020).

QUÉBEC. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 13, à jour au 1<sup>er</sup> novembre 2019*, [En ligne], 2019, article 302. [<http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%2013>] (Consulté le 15 janvier 2020).

**Autres documents de référence :**

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL DU QUÉBEC, et COMITÉ PARITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT. *Le travail en espace clos : nettoyage industriel au jet d'eau sous haute pression et par pompage à vide*, Québec, CSST, 2003, 39 p. (DC 200-16088). [[www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/Documents/DC200-16088web.pdf](http://www.cnesst.gouv.qc.ca/publications/200/Documents/DC200-16088web.pdf)].

GLENCORE CANADA. *Fiche de données de sécurité : concentré de zinc grade 2*, Toronto, Glencore Canada, 2016, 4 p.