



RESSOURCES
FALCO

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Québec

Déposée au ministre de
l'Environnement, de la Lutte contre
les changements climatiques, de la Faune
et des Parcs

Dossier : 3211-16-018



**Réponses à la troisième série de questions et
commentaires du 30 août 2023**



ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT PROJET HORNE 5, ROUYN- NORANDA, QUÉBEC

RESSOURCES FALCO LTÉE

RÉPONSES À LA TROISIÈME SÉRIE DE
QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU
30 AOÛT 2023

VERSION FINALE
CONFIDENTIEL

PROJET N° : 151-11330-09
DATE : DÉCEMBRE 2023



Étude d'impact sur l'environnement déposée au ministère de l'Environnement,
de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
(n° de dossier : 3211-16-018)

WSP CANADA INC.
152, AVENUE MURDOCH
ROUYN-NORANDA (QUÉBEC) J9X 1E2

T +1 819 797-3222
F +1 819 762-6640
WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR :

RESSOURCES FALCO LTÉE



Hélène Cartier, ing. LL.B. ASC
Vice-présidente, Environnement et
développement durable

Le 18 décembre 2023

Date

WSP CANADA INC.



Carl Martin, M. Sc., biol.
Chargé de projet

Le 18 décembre 2023

Date

Le présent rapport a été préparé par WSP Canada Inc. pour le compte de RESSOURCES FALCO LTÉE conformément à l'entente de services professionnels. La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport incombe uniquement au destinataire prévu. Son contenu reflète le meilleur jugement de WSP Canada Inc. à la lumière des informations disponibles au moment de la préparation du rapport. Toute utilisation que pourrait en faire une tierce partie ou toute référence ou toutes décisions en découlant sont l'entière responsabilité de ladite tierce partie. WSP Canada Inc. n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages, s'il en était, que pourrait subir une tierce partie à la suite d'une décision ou d'un geste basé sur le présent rapport. Cet énoncé de limitation fait partie du présent rapport.

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

MISE EN GARDE

Aux termes d'une convention d'acquisition datée du 12 septembre 2012 et d'un acte de vente de même date enregistré au Registre de la Loi sur les mines (RLRQ, chapitre M-13.1) sous le numéro 54949, QMX Gold Corporation a transféré à Druk Capital Partners (maintenant Falco) tous ses droits sur les minéraux contenus à une profondeur de plus de 200 m sous la surface de la concession minière 156-PTB, où se situe le gisement Horne 5. Falco détient également certains droits de surface entourant le puits Quemont No. 2 situé sur la concession minière 243. La propriété de la concession 156-PTB et de la concession 243 est celle de Glencore Canada Corporation (« Glencore »).

Afin d'accéder et de développer le projet Horne 5, Falco doit obtenir une ou plusieurs autorisations de Glencore, lesquelles ne peuvent être refusées sans motif raisonnable, mais peuvent être assujetties à des conditions exigées par Glencore à sa seule discrétion. Ces conditions peuvent inclure la prestation d'un cautionnement d'exécution ou d'une autre garantie (couverture d'assurance) en faveur de Glencore, ainsi que l'indemnisation de Glencore par Falco. Entre autres, une autorisation devra être assujettie à des conditions raisonnables, incluant notamment que les activités de Falco au projet Horne 5 seront subordonnées par l'utilisation actuelle des installations de surface de Glencore et à une utilisation prioritaire à l'égard de telles activités. Toute autorisation devra également prévoir l'accès et le droit pour Falco d'utiliser l'infrastructure détenue par Glencore, incluant le puits Quemont No. 2 (situé sur la concession 243 détenue par Glencore) et certaines infrastructures souterraines spécifiques des anciennes mines Quemont et Horne.

Falco devra également acquérir un certain nombre de droits de passage ou autres droits de surface afin de construire et d'installer les conduites qui achemineront les résidus jusqu'aux installations de gestion de résidus miniers.

Bien que Falco estime qu'elle devrait être en mesure d'obtenir les autorisations requises de Glencore en temps opportun et d'acquérir les droits de passage et autres droits de surface requis, rien ne garantit que de telles autorisations, droits de passage ou droits de surface ne seront accordés, ou, que s'ils le sont, ils le seront à des conditions acceptables pour Falco et dans des délais raisonnables.

Falco note que l'échéancier des activités décrit dans son étude de faisabilité et l'échéancier estimé et proposé pour le démarrage et la finalisation de ces activités, sont assujettis en tout temps à des facteurs qui ne sont pas du ressort exclusif de Falco. Ces facteurs incluent la capacité d'obtenir, selon des termes acceptables pour Falco, le financement, les approbations gouvernementales et de tierces parties, les autorisations, les droits de passage et les droits de surface.

TABLE DES MATIÈRES

MISE EN CONTEXTE	1
RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 30 AOÛT 2023	3
Volet risque d'accident potentiel	3
QC3-1.....	3
Volet qualité de l'air	6
QC3-2.....	7
QC3-3.....	8
QC3-4	12
Volet qualité de l'eau.....	15
QC3-5.....	15
QC3-6.....	20
QC3-7.....	22
Volet milieux humides, hydriques et naturels.....	23
QC3-8.....	23
QC3-9.....	24
QC3-10.....	24
Volet faunique	26
QC3-11.....	26
QC3-12	30
QC3-13.....	31
QC3-14.....	32
QC3-15.....	33
Volet impacts sociaux.....	35
QC3-16.....	35

TABLEAUX

Tableau REP3-3 : Identification des points d'émission potentielle et justification.....	10
Tableau REP3-5 : Paramètres à analyser, limites de détection et conditions d'analyse.....	18
Tableau REP3-11 : Renseignements préliminaires sur les pertes d'habitat du poisson	27
Tableau REP3-12 : Mise à jour de l'échéancier des étapes du plan de compensation préliminaire de l'habitat du poisson	30
Tableau REP3-15 : Superficies approximatives d'habitats touchées et espèces associées (habitat préférentiel).....	34

ANNEXES

- QC3-1-1 Diagramme d'évaluation des risques aux piliers de surface
- QC3-1-2 Liste des chantiers (ancienne mine Quemont)
- QC3-1-3 Liste des chantiers (ancienne mine Horne)
- QC3-1-4 Carte de localisation des chantiers (anciennes mines Quemont et Horne)
- QC3-1-5 Carte de l'emplacement des instruments de surveillance
- QC3-2-1 Note technique – Modélisation du HCN
- QC3-2-2 Fiches techniques de produits alternatifs au Xanthate
- QC3-3-1 Note technique – Modélisation des événements de réservoir
- QC3-4-1 Fiches techniques des équipements
- QC3-5 Programme de caractérisation des eaux de surface dans le secteur des IGRM
- QC3-10 Carte 2-1 de l'Inventaire complémentaire de la faune aquatique (WSP, 2020)

MISE EN CONTEXTE

L'analyse des réponses fournies par Falco à la suite des séries de questions et commentaires présentées en 2018, 2022 et 2023 a été réalisée par la Direction de l'évaluation environnementale des projets industriels et miniers, en collaboration avec certaines unités administratives du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) et certains autres ministères et organismes concernés. Cette analyse a soulevé des questions supplémentaires et généré une nouvelle série de questions pour le projet Horne 5. Le présent document présente les réponses à la *Troisième série de questions et commentaires pour le projet minier Horne 5 sur le territoire de la ville de Rouyn-Noranda et datée du 30 août 2023*. Pour faciliter la lecture du document, chacune des annexes porte le même numéro que la question à laquelle elle réfère. Il en est de même pour les tableaux et les cartes.

Également, mentionnons que les questions ont été reprises textuellement dans chaque réponse de façon à éviter toute erreur d'interprétation.

RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU 30 AOÛT 2023

VOLET RISQUE D'ACCIDENT POTENTIEL

QC3-1 En réponse aux questions QC-200 et QC-201, l'initiateur a amené certaines précisions sur les travaux d'investigation et de sécurisation qui seront réalisés afin d'assurer la stabilité à long terme et la gestion du risque associé aux piliers de surface des anciennes ouvertures souterraines. Il est notamment fait mention de plusieurs études et travaux qui auraient été réalisés depuis le dépôt de l'étude d'impact, incluant des travaux d'investigation par forage et de remblayage d'anciens chantiers à la mine Horne. De plus, l'initiateur souligne dans l'annexe COMP-218 que le programme élaboré par les consultants lui a permis d'identifier des secteurs potentiellement à risque. Toutefois, aucune donnée ou information pertinente n'est présentée, notamment sur la stabilité actuelle des piliers de surface ou sur les travaux qui auraient été ou qui seront prévus dans les secteurs potentiellement à risque.

L'initiateur aurait également procédé à la réalisation de travaux de sécurisation et l'installation d'un réseau d'instruments de suivi géotechnique reliés à un système d'acquisition et d'interprétation de données qui lui permettra d'assurer une surveillance de la stabilité. L'initiateur précise que ce réseau d'instruments et ce système de surveillance feront partie intégrante du plan d'urgence, sans toutefois fournir de description, notamment du type d'instruments utilisé ou des secteurs visés par cette surveillance.

Bien que le MELCCFP comprenne que les documents justificatifs associés aux travaux d'investigation et de sécurisation sont la propriété du titulaire actuel des titres miniers, l'initiateur doit présenter des renseignements additionnels concernant les piliers de surface et leur stabilité, ainsi que les mesures qu'il prévoit mettre en place pour assurer la stabilité à long terme de ces piliers pendant la réalisation du projet Horne 5.

La section sur la stabilité des piliers de surface, ainsi que le plan d'urgence présenté à l'annexe 6 du plan de réaménagement et de restauration, doivent contenir les résultats des investigations obtenus depuis 2018, en collaboration avec le titulaire actuel des titres miniers, et présenter le réseau d'instruments de surveillance qui restera en place en période d'exploitation et de fermeture, ainsi que les sites visés pour cette surveillance.

L'initiateur doit mettre à jour les sections appropriées du plan de réaménagement et de restauration, le plan d'urgence ainsi que la section sur la stabilité des ouvrages de retenue en incluant minimalement les informations demandées ci-dessus.

REP3-1 Les compléments de réponse COMP-200 et 201, ainsi que le complément de réponse COMP-218 du document *Complément aux documents de réponses aux questions des 1^{er} mai et 15 juin 2018* précisent en effet que les piliers de surface des anciennes mines Quemont et Horne ont fait l'objet de plusieurs études et travaux depuis 2018. Le détenteur des titres miniers est responsable des travaux et propriétaire des résultats. Les travaux d'investigation de la période débutant en 2018 ne font pas partie de la portée de l'étude d'impact sur l'environnement du projet, ni des activités du projet Horne 5.

L'étude d'impact sur l'environnement a pour but de mettre en évidence les impacts du projet, d'en évaluer l'importance et de présenter les mesures d'atténuation proposées, le tout en lien avec les enjeux du projet pendant les phases d'aménagement et de construction ainsi que durant la phase d'exploitation.

Les impacts du projet Horne 5 débutent avec la phase de mise en valeur de l'exploration. Le risque d'accident potentiel lié aux anciennes ouvertures minières pourrait se produire pendant les activités de mise en valeur (dénoyage) lors de la modification du niveau de la nappe phréatique ou de l'eau de mine, et plus tard principalement pendant la phase d'exploitation lors des activités de sautages miniers.

Les experts ont procédé à l'évaluation des risques liés aux anciennes ouvertures minières dont l'objectif principal était de fournir le cadre d'une approche cohérente de prise de décision, de quantifier le niveau de risque pour les infrastructures, les équipements et le personnel et de confirmer que les mesures correctives recommandées sont suffisantes pour réduire ce risque pendant la réalisation du projet Horne 5.

L'approche pour l'évaluation des risques développée est illustrée dans le diagramme de l'annexe QC3-1-1.

Une étude documentaire préalable et les travaux d'investigation ainsi que le processus d'évaluation des risques ont permis à Falco de confirmer le statut des anciennes ouvertures des mines Quemont (nord) et Horne, d'identifier celles dont la stabilité pourrait être influencée par les activités de mise en valeur et plus tard par les activités d'exploitation du projet Horne 5, ainsi que les mesures de mitigation suggérées.

Les tableaux aux annexes QC3-1-2 et QC3-1-3 présentent la liste des chantiers des anciennes mines Quemont et Horne dont la stabilité pourrait être influencée par les activités du projet Horne 5 ainsi que les mesures de mitigation prévues. La carte de l'annexe QC3-1-4 localise les chantiers sur les sites des anciennes mines Horne et Quemont (nord).

Afin de minimiser le risque d'accident potentiel, sur recommandation de ses experts, Falco a prévu mettre en place un programme d'instrumentation et de suivi conçu pour fournir une alerte précoce des changements de conditions pendant le dénoyage et par la suite, pendant l'exploitation minière. Il est aussi prévu pendant les premières années d'exploitation minière de remblayer l'ensemble des anciennes ouvertures minières avec des résidus miniers afin d'assurer la stabilité à long terme des anciennes et nouvelles ouvertures minières qui seront elles aussi remblayées.

Les éléments ciblés par le programme d'instrumentation et de suivi comprennent les piliers de surface, le remblai des anciens chantiers et des excavations minières à la surface et la modification des niveaux d'eau de mine souterraine et des eaux souterraines.

PROGRAMME D'INSTRUMENTATION ET DE SUIVI

Une combinaison d'instruments de surveillance a été proposée pour assurer que tout changement de condition soit observé tôt et à faible ampleur; ceci afin de permettre de déployer une réponse d'atténuation des risques en temps opportun.

Les instruments géotechniques intégrés au réseau de surveillance et pouvant mesurer les mouvements du sol, du remblai et du massif rocheux et des eaux consistent en :

- des extensomètres de forage multipoints (MPBX) dans les piliers de surface;
- des piézomètres à corde vibrante (PCV) pour la surveillance des niveaux d'eau de mine dans les ouvertures souterraine et d'eau souterraine dans le socle rocheux, les piliers de surface, les chantiers ouverts et remplis;
- des transducteurs de déplacement pour surveiller d'éventuels mouvements du remblai dans les chantiers historiques;
- un réseau d'inclinomètres, réflectomètres (TDR) ou de moniteur de tassement pour la surveillance du déplacement de remplissage de surface.

La carte présentée à l'annexe QC3-1-5 présente l'emplacement des instruments déjà mis en place pour le programme de surveillance et de suivi.

PLAN D'ACTION EN CAS D'ÉVÉNEMENT DÉCLENCEURS (TARPS)

Les données qui seront recueillies par les instruments seront analysées en temps réel et permettront d'obtenir des alertes précoces en cas de changements de conditions. Le système d'alerte déclenchera un plan d'action préétabli et permettra de déployer des mesures adéquates en temps opportun. Celles-ci seront définies dans des Plans d'action en cas d'événement déclencheurs (TARPs – *Trigger-Action Response Plans*).

Ces plans d'action seront définis selon différents niveaux d'alerte, établis en fonction des niveaux de risque et d'intervention requis. Les réponses à ces niveaux d'alerte prévoiront les équipes d'interventions requises, les équipements et le matériel nécessaire, ainsi que les modifications aux activités en cours et les mesures d'intervention requises. Ces dernières pourront inclure l'acquisition et l'analyse de données à plus grande

fréquence, la mise en place de zones de restriction d'accès, l'installation d'instruments de suivi complémentaires, ainsi que des travaux d'investigation et de remblayage au besoin.

NIVEAUX DE DÉCLENCHEMENT

Les niveaux de déclenchement pour les réseaux d'instruments géotechniques sont généralement déterminés par :

- la calibration des valeurs surveillées par rapport aux prédictions de la modélisation numérique et au facteur de conception ou de sécurité;
- l'examen des tendances des données compilées à partir des mouvements historiques et de référence de la base de données historiques des mesures des instruments.

Étant donné que le projet Horne 5 n'est pas encore en activité, les niveaux de déclenchement sont basés sur l'expérience de projets passés et sur l'intention de l'instrumentation. Quatre niveaux de déclenchement ont été déterminés pour aider à identifier si les lectures hors tendance de certains instruments pourraient indiquer une instabilité, une déformation normale et attendue, ou simplement une erreur dans les données. Les niveaux de déclenchement sont décrits de manière générique comme suit :

- Niveau 0 : Conditions normales – les changements de conditions sont très proches des conditions de base.
- Niveau 1 : Détection de changement de condition – nécessite une fréquence accrue d'acquisition et d'examen des données.
- Niveau 2 : Changement de condition important – nécessite une visite du site par un ingénieur, une modification possible du programme en cours.
- Niveau 3 : Augmentation du potentiel d'affaissement de la surface – il s'agit du niveau le plus grave et il reflète les mesures à prendre en raison des préoccupations liées à l'impact potentiel sur les infrastructures, bâtiments et/ou personnel exposé au risque.
- Niveau 4 : Affaissement / Rupture de pilier de surface – plan d'action à mettre en place.

MATRICE DE RESPONSABILITÉS « RACI »

La matrice RACI est un outil utilisé pour attribuer des rôles et des responsabilités aux parties prenantes ayant différents niveaux d'implication dans le projet Horne 5. Chaque partie prenante, pour un déclencheur spécifique présenté dans le TARP, est associée à un rôle de personne responsable, redevable, consultée ou informée (RACI - *Responsible, Accountable, Consulted, or Informed*).

Ces rôles sont définis comme suit :

- Responsable – qui est responsable de l'exécution du travail proprement dit.
- Redeable – qui est responsable du succès de la tâche et est le décideur.
- Consulté – qui doit être consulté pour les détails d'une tâche particulière.
- Informé – qui doit être tenu informé des éléments importants.

ACTIONS DES NIVEAUX DE DÉCLENCHEMENT

Il existe une hiérarchie de réponses d'intervention en fonction des instruments déclenchés en ce qui concerne les piliers de surface et les infrastructures qui pourraient potentiellement être touchées en surface. Les mouvements détectés directement dans les infrastructures ou les piliers de surface déclencheront la réponse la plus élevée. Par exemple, si un moniteur de remblai déclenche un mouvement, mais qu'aucun mouvement n'est déclenché dans le pilier de surface et/ou l'infrastructure sus-jacente, la réponse d'intervention ne sera pas aussi élevée.

PLAN D'URGENCE ET PLAN DE RÉAMÉNAGEMENT ET DE RESTAURATION DU PROJET HORNE 5

L'évaluation des risques, le programme de surveillance et de suivi incluant les TARPs et la matrice RACI feront partie intégrante du plan d'urgence développé pour chacune des phases du projet. Le plan d'urgence inclura notamment :

- la définition des niveaux d'intervention d'urgence, permettant un processus de mobilisation progressive des ressources afin d'assurer une réponse adaptée à la gravité du problème;
- des fiches décrivant les rôles et responsabilités de chacun des intervenants (internes et externes);

- des procédures d'intervention associées à chaque niveau d'alerte et pour chacun des intervenants;
- un schéma d'alerte et de communication;
- la liste des équipements et du matériel nécessaire pour chacun des niveaux d'alerte et d'intervention.

Le plan d'urgence sera intégré au *Plan de réaménagement et de restauration*, conformément au *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2022).

Falco confirme son engagement à soumettre la mise à jour du plan d'urgence et toutes les sections du plan de réaménagement et de restauration avec les informations requises au MELCCFP dans le cadre des demandes d'autorisation ministérielle, notamment pour les travaux de mise en valeur du projet (qui incluent les activités de dénoyage). Ces documents requièrent également l'autorisation de Glencore puisqu'ils sont toujours titulaires des titres miniers et de l'information qui s'y rattache.

RÉFÉRENCE :

- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES (MERN). 2022. *Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec*. 87 p.

VOLET QUALITÉ DE L'AIR

PRÉAMBULE

Comme discuté lors de la rencontre virtuelle du 12 septembre dernier avec la Direction de l'évaluation environnementale des projets industriels et miniers ayant eu lieu à la suite de l'émission de la 3^e série de questions et commentaires (la 3^e série), les nouvelles questions demandées dans le volet « Qualité de l'air » soulèvent des éléments du devis de modélisation qui a été soumis au MELCCFP à plusieurs reprises depuis mai 2018 et à la base de *l'Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique* révisée à trois reprises (WSP, 2018, 2021, 2023).

De nombreuses demandes de validation du devis de modélisation ont été transmises au MELCCFP au fil des années; et pourtant ces questions n'avaient jamais été soulevées avant. Après avoir révisé trois fois *l'Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique* et discuté d'émissions à l'atmosphère depuis cinq années, Falco se questionne sur l'importance des émissions potentielles visées par la question QC3-2 de la 3^e série à l'étape de la recevabilité de l'étude d'impact, d'autant plus que les émissions à l'atmosphère du projet seront révisées et précisées à la suite de l'ingénierie détaillée du projet. Voilà plus de cinq années que la première version de l'étude de modélisation a été déposée; ces émissions sont-elles de si grande importance qu'on peut leur fait porter la recevabilité ou la non-recevabilité de l'étude d'impact sur l'environnement alors que personne au MELCCFP n'avait encore jamais soulevé ces éléments?

Lors d'une seconde rencontre virtuelle tenue le 2 octobre 2023 avec les experts en modélisation atmosphérique du MELCCFP, Falco soulignait la complexité et les conséquences des nouvelles demandes formulées dans la 3^e série. Ces questions ne sont aucunement des demandes de précisions; ce sont de nouvelles questions exigeant des études, des travaux de recherche et des essais en laboratoire qui prendront du temps. Falco s'engage à poursuivre ses travaux et à tenir le MELCCFP informé de l'avancement de ces derniers afin de confirmer dans les prochains mois la conformité des émissions du projet Horne 5 ou la mise en place de mesures de mitigation qui en assureront la conformité.

RÉFÉRENCE :

- WSP. 2023. *Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique*. Révision 3. 120 p. et annexes
- WSP. 2021. *Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique*. Révision 2. 91 p. et annexes
- WSP. 2018. *Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique*. Révision 1. 96 p. et annexes

QC3-2 Les contaminants présentés par l'initiateur dans son rapport *Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique* sont valides. Toutefois, certains procédés utilisés sur le site du projet nécessiteront l'emploi d'une série de réactifs. L'utilisation de certains de ces réactifs pourrait mener à l'émission de contaminants dans l'atmosphère lors de leur emploi ou leur entreposage (événement de réservoir). Selon la revue de littérature^{1,2} consultée par le MELCCFP, le cyanure et le disulfure de carbone (CS₂) sont notamment susceptibles d'être émis.

L'initiateur doit présenter, dans le rapport de modélisation de la dispersion atmosphérique, les résultats de l'analyse des contaminants potentiellement émis par l'utilisation des réactifs dans les procédés, notamment le cyanure et le CS₂. En cas contraire, l'initiateur doit justifier l'omission de tout contaminant émis qui n'est pas inclus dans ce rapport.

¹ Australia Environnement- National pollution inventory: « Emission Estimation Technique Manual for Gold Ore Processing »; version 1.1; 9 octobre 2001.

² US EPA : AP42 11.24 « Metallic Minerals Processing; Août 1982.

REP3-2 À la question QC3-2, le MELCCFP identifie le cyanure et le disulfure de carbone (CS₂) comme étant des composés susceptibles d'être émis par le projet.

CYANURE D'HYDROGÈNE (HCN)

Afin de vérifier la conformité des émissions de cyanure du projet, Falco a procédé à une revue préliminaire de la littérature et consulté des experts en métallurgie et traitement du minerai. Cette revue a permis de conclure que l'utilisation d'un taux d'émission constant estimé selon la méthode théorique suggérée par la littérature partagée par le MELCCFP ne tient pas compte des nombreux facteurs qui influencent la volatilisation du HCN. Falco a donc mandaté une firme de consultants spécialisée afin de caractériser et d'estimer des taux d'émission représentatifs des installations du projet Horne 5. À partir, de ces résultats, Falco a mandaté la firme WSP Canada inc. afin de modéliser la dispersion atmosphérique du HCN du projet Horne 5.

Une note technique (WSP, 2023) jointe à l'annexe QC3-2-1 présente les résultats de caractérisation et de modélisation de la dispersion atmosphérique du HCN. La note technique conclut qu'au CMH5, les concentrations maximales modélisées sont faibles et ne représentent que 3 % des critères de qualité de l'air aux premiers récepteurs sensibles.

Pour le secteur des IGRM, les résultats estimés indiquent que les concentrations ambiantes près des surfaces seraient déjà inférieures aux critères de qualité de l'air. Dans ce contexte, il est jugé qu'il n'est pas requis de modéliser ces sources puisque les concentrations à la source respectent déjà les critères de qualité de l'air.

DISULFURE DE CARBONE (CS₂)

Pour ce qui est du CS₂, dont les émissions potentielles à l'événement d'un réservoir de stockage seraient issues de la dégradation du Xanthate (sous forme de SIPX et de PAX typiquement utilisés dans le procédé pour la flottation du cuivre, du zinc et du concentré de pyrite pour la récupération des métaux), des discussions avec des fournisseurs et un mandat octroyé au Centre technologique sur les résidus industriel (CTRI) permettront de mieux comprendre les aspects fondamentaux concernant le Xanthate, évaluer des méthodes pour mesurer des taux d'émissions potentielles et identifier des solutions d'élimination du risque.

Un premier mandat a été octroyé au CTRI afin d'effectuer une revue de la littérature sur la dégradation naturelle du Xanthate en CS₂ et la mesure du CS₂ libéré. La revue et les discussions avec les fournisseurs d'agents de flottation du type PAX et SIPX ont permis de confirmer que les émissions de CS₂ issus de la dégradation étaient influencées par plusieurs facteurs spécifiques et que plusieurs produits alternatifs sont disponibles sur le marché (fiches techniques de produits alternatifs à l'annexe QC3-2-2).

Falco propose la démarche suivante afin d'assurer la conformité de ses activités futures :

- Un mandat a été octroyé au CTRI pour :
 - i) déterminer en laboratoire le taux d'émission du CS₂ provenant de la dégradation du Xanthate;
 - ii) identifier des mesures de gestion qui permettraient de minimiser les émissions de CS₂;
 - iii) documenter les effets environnementaux des réactifs alternatifs proposés pour la flottation du cuivre, zinc et de la pyrite.
- Un mandat sera octroyé pour valider l'efficacité des réactifs alternatifs identifiés à l'étape iii) si les taux d'émission du CS₂ déterminés en laboratoire et modélisés ne permettent pas d'assurer la conformité des émissions.

Les essais de laboratoire permettant de déterminer les cinétiques d'émissions de CS₂ se dérouleront en début 2024 puisque les essais nécessitent l'achat d'un détecteur de gaz spécifique. Les essais en laboratoire se feront selon différentes valeurs de pH, températures, concentrations de Xanthate et volumes libres de liquide.

Les cinétiques d'émission de CS₂ permettront de modéliser la dispersion des émissions à l'évent du réservoir de stockage. Si celle-ci ne s'avère pas conforme à la norme, Falco aura le choix de mettre en place des mesures de gestion minimisant les émissions de CS₂ (mandat ii du CTRI) ou de choisir un réactif alternatif sans Xanthate ni émission nocive pour son procédé de récupération métallurgique (mandat iii du CTRI).

Dans tous les cas, mesures de gestion ou réactif alternatif, Falco s'assurera que son procédé n'est pas la source d'émissions potentielles nocives pour l'environnement. Les discussions avec les experts en procédé rappellent qu'à l'étape de l'étude d'impact sur l'environnement, la conception est à un stade préliminaire. De plus, ils confirment que les mesures d'atténuation de chacun des points d'émission seront revues lors de l'ingénierie de détails afin de répondre aux critères de performance requis pour que les émissions de contaminants soient contrôlées adéquatement à la source et conformes aux exigences réglementaires. De nouvelles modélisations de la dispersion atmosphérique des émissions du projet Horne 5 seront complétées et transmises au ministère avec les demandes d'autorisation ministérielle requises.

La modélisation de la dispersion atmosphérique des émissions de CS₂ à l'évent des réservoirs de stockage de PAX et SIPX à cette étape-ci du processus ne devrait pas interférer avec l'analyse de la recevabilité de l'étude d'impact du projet Horne 5. En effet, la modélisation se veut un outil, un indicateur d'un enjeu potentiel et devrait servir à cette fin. Falco ne peut assurer à cette étape-ci que les émissions potentielles de CS₂ seront conformes, mais confirme avoir entrepris des démarches qui lui permettront de déterminer si le PAX et le SIPX posent des enjeux et identifier alors des solutions appropriées. Falco s'engage à poursuivre les démarches, à tenir le MELCCFP informé des résultats et à s'assurer de la conformité des activités qu'elle planifie.

RÉFÉRENCE :

- WSP. 2003. *Note technique - Modélisation de la dispersion atmosphérique du cyanure d'hydrogène – Projet Horne 5 – Falco Ressources.*

QC33

Dans son rapport *Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique*, l'initiateur utilise une nomenclature différente pour l'identification de certaines sources d'émission modélisées que celle utilisée dans les dessins de bilan de masse présentés dans ses réponses à la première série de questions et commentaires du 1er mai 2018. Il n'est donc pas possible de vérifier que l'ensemble des points d'émission ont été présentés dans ce rapport. Ainsi, le MELCCFP ne peut confirmer si les points d'émission présents au tableau 1 *Identification des points d'émission à valider* ont été utilisés.

L'initiateur doit confirmer que les sources d'émission de contaminants présentées au tableau 1 sont incluses dans l'étude de la modélisation de la dispersion atmosphérique réalisée. Il doit également transmettre un tableau de concordance de la nomenclature des points d'émission utilisée dans les différents documents déposés afin d'assurer l'uniformisation et la cohérence de l'information transmise.

Tableau 1 : Identification des points d'émission à valider

Points d'émission	Description du dessin	Numéro du dessin
Dépoussiéreur 605-ARL-001	Entreposage du minerai diagramme de procédé	605-D-0101-AA
Dépoussiéreur humide xanthates 616-SCB-751	Réactif 2 – mélange et entreposage SIPX & PAX	616-D-0402-AA
Dépoussiéreur humide raffinerie 645-SCB-591	Raffinage – Cellules électrolyse et raffinerie	645-D0101-D
Dépoussiéreur humide Cyanure 670-SCB-641	Réactif 1 - mélange et entreposage cyanure et caustique	670-D-0103-AA
Dépoussiéreur Silo de chaux 670-DCO-601	Réactif 1 - mélange et entreposage chaux	670-D-0104-AA
Épurateur humide de chaux 670-SLK-602	Réactif 1 - mélange et entreposage chaux	670-D-0104-AA
Dépoussiéreur humide HCl 670-SCB-661	Réactif 1 - mélange et entreposage Antitartre et HCl	670-D-0105-AA
Événements réservoirs de peroxyde d'hydrogène 670-TNK-681 670-TNK-682 670-TNK-683	Réactif 1 – entreposage réactif acide de CARO, acide sulfurique et peroxyde hydrogène	670-D-0106-AA
Événements réservoirs acides sulfuriques 670-TNK-701 670-TNK-702	Réactif 1 – entreposage réactif acide de CARO, acide sulfurique et peroxyde hydrogène	670-D-0106-AA
Événements réservoirs acides de CARO 670-TNK-741	Réactif 1 – entreposage réactif acide de CARO, acide sulfurique et peroxyde hydrogène	670-D-0106-AA
Dépoussiéreur-ciment 665-DCO-801	Remblai en pâte – système-ciment/scorie	665-D-0603-AA

REP3-3

Le tableau 1 de la question QC3-3 a été repris ci-dessous (tableau REP3-3) afin de confirmer que les sources d'émission de contaminants présentées sont incluses dans l'étude de la modélisation de la dispersion atmosphérique. Une concordance de la nomenclature des points d'émission y est également présentée.

Parmi ces sources, les événements des réservoirs de peroxyde d'hydrogène, d'acide sulfurique et de l'acide de Caro ont été identifiés comme sources d'émission potentielles qui n'avaient pas été considérées dans la modélisation. Dans ce contexte, une note technique (WSP, 2023) jointe à l'annexe QC3-3-1 présente les résultats de caractérisation et de modélisation de la dispersion atmosphérique de ces sources. La note technique conclut que :

« L'analyse des résultats et la modélisation de la dispersion atmosphérique utilisant les taux d'émissions estimés confirment la conformité des émissions de ces composés. Spécifiquement aux récepteurs sensibles, les concentrations maximales modélisées sont faibles et ne représentent que 0,01 % et 16 % des critères d'acide sulfurique et de peroxyde d'hydrogène, respectivement. Pour l'acide de Caro, cette substance n'est pas volatile et les concentrations d'émission potentielles sont négligeables par rapport aux critères de qualité de l'atmosphère. »

RÉFÉRENCE :

- WSP. 2003. *Note technique - Modélisation de la dispersion atmosphérique des événements de réservoirs – Projet Horne 5 – Falco Ressources.*

Tableau REP3-3 : Identification des points d'émission potentielle et justification

	Points d'émission	Description du dessin	Numéro du dessin	Équivalent - Étude de modélisation	Considéré dans la modélisation	Justification
Tableau 1	Dépoussiéreur 605-DCO-001	Entreposage du minerai diagramme de procédé	605-D-0101-AA	pt01	Oui	-
	Dépoussiéreur humide xanthates 616-SCB-751	Réactif 2 – mélange et entreposage SIPX & PAX	616-D-0402-AA	pt05	Oui	Considéré pour les émissions de particules; Pour les émissions potentielles de CS ₂ , la démarche proposée par Falco pour assurer de la conformité des activités futures est présentée à la réponse REP3-2.
	Dépoussiéreur humide raffinerie 645-SCB-591	Raffinage – Cellules électrolyse et raffinerie	645-D-0101-AA	pt10	Oui	-
	Dépoussiéreur humide Cyanure 670-SCB-641	Réactif 1 - mélange et entreposage cyanure et caustique	670-D-0103-AA	-	Non	Selon la description de l'équipe technique de Falco, les granulés de cyanure seront neutralisés par de la chaux afin de contrôler le pH à 11 dans le réservoir de mélange et de distribution. Conséquemment, les émissions potentielles de HCN sont jugées négligeables. Aucune émission de particules n'est attendue.
	Dépoussiéreur Silo de chaux 670-DCO-601	Réactif 1 - mélange et entreposage chaux	670-D-0104-AA	pt08	Oui	-
	Épurateur humide de chaux 670-SLK-602	Réactif 1 - mélange et entreposage chaux	670-D-0104-AA	pt09	Oui	-
	Dépoussiéreur humide HCl 670-SCB-661	Réactif 1 - mélange et entreposage Antitartre et HCl	670-D-0105-AA	-	Non	Les émissions potentielles de HCl pouvant survenir lors du transfert du réservoir portatif vers le réservoir de mélange seront contrôlées par un épurateur humide. Les émissions potentielles sont donc jugées négligeables.

Tableau REP3-3 : Identification des points d'émission potentielle et justification (suite)

	Points d'émission	Description du dessin	Numéro du dessin	Équivalent - Étude de modélisation	Considéré dans la modélisation	Justification
Tableau 1	Événements réservoirs de peroxyde d'hydrogène 670-TNK-681 670-TNK-682 670-TNK-683	Réactif 1 – entreposage réactif acide de CARO, acide sulfurique et peroxyde hydrogène	670-D-0106-AA	r681, r682 et r683, Annexe QC3-2-1	Oui à l'Annexe QC3-2-1	Caractérisés et modélisés à l'annexe QC3-2-1
	Événements réservoirs acides sulfuriques 670-TNK-701 670-TNK-702	Réactif 1 – entreposage réactif acide de CARO, acide sulfurique et peroxyde hydrogène	670-D-0106-AA	r701 et r701, Annexe QC3-2-1	Oui à l'Annexe QC3-2-1	Caractérisés et modélisés à l'annexe QC3-2-1
	Événements réservoirs acides de CARO 670-TNK-741	Réactif 1 – entreposage réactif acide de CARO, acide sulfurique et peroxyde hydrogène	670-D-0106-AA	r741, Annexe QC3-2-1	Oui à l'Annexe QC3-2-1	Caractérisés et modélisés à l'annexe QC3-2-1
	Dépoussiéreur-ciment 665-DCO-802	Remblai en pâte – système-ciment / scorie	665-D-0603-AA	pt19	Oui	-
Autres sources	Élément chauffant solution stérile 640-HEA-531		640-D-0102-AA	pt02	Oui	-
	Four régénération charbon 640-KLN-541		640-D-103-AA	pt04	Oui	-
	Dépoussiéreur - sulfate de cuivre		n/d	pt21	Oui	-
	Chauffage au gaz naturel		n/d	pt11 à pt17	Oui	-

QC34 Le rapport *Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique* présente les hypothèses, les calculs et les références permettant la validation de la plupart des taux d'émission utilisés. Toutefois, l'initiateur doit corriger ou fournir les informations erronées ou manquantes présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Calculs et références relatives à la détermination des taux d'émission manquante ou à corriger

Site CHM5 – construction	<ul style="list-style-type: none"> • Pour la source « Chargement-déchargement », sur quoi est basé le 5 % d'humidité qui provient des données d'ingénierie du projet? • Pour la source « Boutage », pour le taux d'émission pour le PM10, il semble y avoir une erreur de calcul ou de choix du rapport PM10/PM; Le MELCCFP a confirmé qu'il n'y avait pas d'erreur de calcul et que Falco n'a pas à répondre à ce commentaire (voir Erratum - Troisième série de questions et commentaires Projet minier Horne 5 sur le territoire de la ville de Rouyn-Noranda par Ressources Falco Ltée (Dossier 3211-16-018)) • Pour la source « Forage », quelles sont les hypothèses utilisées pour le calcul des taux d'émission de PM10 et PM2,5 ?
Site CHM5 – exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Les sources de l'usine de traitement de minerai « Dépoussiéreur - dôme de minerai (Pt01) », « Chauffage - solution pauvre (Pt02) », « Four – Régénération du carbone (Pt04) » et « Épurateur - élution de l'or (Pt10) » ont été directement fournies par l'ingénierie du projet. Les hypothèses, calculs et références qui ont servi à déterminer ces taux d'émission devront être déposés; • Pour la source « gaz d'échappement des véhicules » dans le cadre de la ventilation de la mine en production, pour permettre la validation des taux d'émission, l'information concernant la puissance des véhicules (MAClean BT3, MAClean AC3, MAClean WS3, MAClean FT3 et MAClean SS3) devra être déposée.
Site IGRM – construction	<ul style="list-style-type: none"> • Pour la source « Boutage », pour le taux d'émission pour le PM10, il semble y avoir une erreur de calcul ou de choix du rapport PM10/PM; Le MELCCFP a confirmé qu'il n'y avait pas d'erreur de calcul et que Falco n'a pas à répondre à ce commentaire (voir Erratum - Troisième série de questions et commentaires Projet minier Horne 5 sur le territoire de la ville de Rouyn-Noranda par Ressources Falco Ltée (Dossier 3211-16-018)) • Pour la source « Forage », quelles sont les hypothèses utilisées pour le calcul des taux d'émission de PM10 et PM2,5 dans le cadre de l'opération de la carrière locale? • Pour la source « Concasseur mobile » dans le cadre de l'opération de la carrière locale, on utilise les facteurs d'émission de AP42 section 11.19.2 pour déterminer les taux d'émission des opérations de concassage. Le tableau 11.19.2-1 donne des facteurs d'émission pour chaque étape du procédé. Toutefois, un seul taux d'émission est appliqué aux opérations de concassage basé sur une affirmation que l'on retrouve à la section 11.24 de l'AP-42 où les émissions de particules produites par l'alimentation du concasseur et le transfert des matériaux sont incluses dans les facteurs. Le promoteur a appliqué cette hypothèse de la section 11.24 aux facteurs d'émission du tableau 11.19.2-1 alors que cette hypothèse ne s'applique qu'au tableau 11.24-1 et 11.24-2. Des correctifs sont à apporter.
Site IGRM – exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Pour la source « Érosion éolienne », un pourcentage d'atténuation de 96,6 % est appliqué compte tenu du grand taux d'humidité des résidus miniers. Le MELCCFP comprend que la méthode proposée par le ministère pour évaluer les émissions reliées à l'érosion éolienne des piles n'est pas adaptée pour des résidus à haute teneur en humidité ou sous forme de pulpe. Le ministère n'a pas de méthode alternative à proposer pour l'évaluation de taux d'émission qui tiendrait compte de la variation de l'humidité des surfaces. Le taux d'atténuation obtenu à partir de la méthode proposée par l'initiateur est très élevé, cela signifie que le phénomène d'érosion éolienne n'aurait pratiquement pas lieu, ce qui nous apparaît peu probable. Il n'est pas possible de savoir pendant combien de temps cette atténuation serait maintenue, considérant que l'état de la surface des piles va varier en fonction du temps (assèchement de la surface, modifications de la surface à la suite des périodes de gel et de dégel), et que cela pourrait engendrer le phénomène d'érosion éolienne. Pour pouvoir appliquer un tel taux d'atténuation, des mesures devront être incluses au programme de surveillance afin de vérifier que le phénomène d'érosion éolienne ne se produit pas pour les piles concernées.

REP3-4 Les réponses aux demandes de précisions du tableau 2 sont données ci-dessous pour chaque élément :

SITE CHM5 – CONSTRUCTION

Pour la source « Chargement-déchargement », sur quoi est basé le 5 % d'humidité qui provient des données d'ingénierie du projet?

Une valeur de 5 % d'humidité a été considérée pour caractériser les sources de manipulation de stérile minier en surface. Il faut rappeler que la roche stérile acheminée surface est toujours très mouillée puisqu'elle est continuellement arrosée sous terre. Il a été déterminé par le groupe technique minier de Falco qu'un taux d'humidité minimum de 5 % est applicable puisqu'un taux d'humidité de 5 % de la roche doit être maintenue pour le bon fonctionnement des opérations de convoyage lorsqu'elle est acheminée/transbordée en surface.

Pour la source « Forage », quelles sont les hypothèses utilisées pour le calcul des taux d'émission de PM10 et PM2,5 ?

Les émissions de forage sont caractérisées à partir du tableau 11.9-4 de l'AP-42. Or, ce tableau présente uniquement un taux d'émission pour les particules totales. En l'absence d'information pour estimer les émissions de PM10 et PM2,5, une hypothèse a été posée, soit l'utilisation de ratios de 90 % et 50 %, respectivement. En comparaison aux ratios présentés au tableau 11.9-2 pour les autres activités, les ratios utilisés sont jugés raisonnables et conservateurs. Prendre note qu'il s'agit de la même hypothèse utilisée par WSP pour tous les projets miniers.

SITE CHM5 – EXPLOITATION

Les sources de l'usine de traitement de minerai « Dépoussiéreur - dôme de minerai (Pt01) », « Chauffage - solution pauvre (Pt02) », « Four – Régénération du carbone (Pt04) » et « Épurateur - élution de l'or (Pt10) » ont été directement fournies par l'ingénierie du projet. Les hypothèses, calculs et références qui ont servi à déterminer ces taux d'émission devront être déposés;

Les hypothèses, calculs et références ont été établis en 2017 par des consultants en collaboration avec les membres de l'équipe d'ingénierie du projet Horne 5. Les sources ponctuelles de l'usine de traitement du minerai ont été validées une à une par des experts et transmises à Falco sous la forme d'un tableau listant les sources et leurs émissions. Les hypothèses, calculs et références qui ont servi à l'établissement du tableau ne sont plus disponibles après plus de sept années. Rien ne nous permet de douter de l'expertise ni du professionnalisme des individus qui ont fait cette analyse des sources et de leurs taux d'émission. Cela dit, ces sources n'ont pas été identifiées comme des enjeux et une mise à jour de la modélisation devra être réalisée à la suite de l'ingénierie détaillée où de l'information plus précise sera disponible.

Pour la source « gaz d'échappement des véhicules » dans le cadre de la ventilation de la mine en production, pour permettre la validation des taux d'émission, l'information concernant la puissance des véhicules (MAClean BT3, MAClean AC3, MAClean WS3, MAClean FT3 et MAClean SS3) devra être déposée.

Les fiches techniques récentes pour les équipements MAClean BT3, CS3 et SL3, ainsi que du moteur Volvo penta TAD57072, pour les options Tier 4, sont présentées à l'annexe QC3-4-1. Bien que l'ensemble des fiches techniques n'ait pu être retrouvé, ces équipements appartiennent à la même série du fabricant MAClean et ils présentent tous des caractéristiques similaires. Les certifications Tier et les puissances des moteurs sont comparables à celles qui ont été considérées dans la modélisation. Il est important de noter que, lors des achats planifiés en 2028 ou après, les équipements seront probablement disponibles avec des moteurs de certification supérieurs et/ou avec des moteurs électriques.

SITE IGRM – CONSTRUCTION

Pour la source « Forage », quelles sont les hypothèses utilisées pour le calcul des taux d'émission de PM10 et PM2,5 dans le cadre de l'opération de la carrière locale?

Voir réponse ci-dessus pour le « Site CHM5 – construction ».

Pour la source « Concasseur mobile » dans le cadre de l'opération de la carrière locale, on utilise les facteurs d'émission de AP42 section 11.19.2 pour déterminer les taux d'émission des opérations de concassage. Le tableau 11.19.2-1 donne des facteurs d'émission pour chaque étape du procédé. Toutefois, un seul taux d'émission est appliqué aux opérations de concassage basé sur une affirmation que l'on retrouve à la section 11.24 de l'AP-42 où les émissions de particules produites par l'alimentation du concasseur et le transfert des matériaux sont incluses dans les facteurs. Le promoteur a appliqué cette hypothèse de la section 11.24 aux facteurs d'émission du tableau 11.19.2-1 alors que cette hypothèse ne s'applique qu'au tableau 11.24-1 et 11.24-2. Des correctifs sont à apporter.

Afin de préciser le contexte, l'AP-42 présente des taux d'émission d'activité de concassage dans deux sections différentes, soit la section 11.19.2 et 11.24. Puisqu'il s'agit d'un même document, soit l'AP-42, il est raisonnable d'affirmer que la représentativité de ces taux d'émission par rapport à une activité de concassage est analogue d'une section à l'autre et que des méthodes de mesures similaires sont employées par l'US-EPA pour déterminer les taux d'émission. Dans ce contexte, WSP maintient sa position de considérer adéquate l'applicabilité du commentaire de la section 11.24 aux deux sections 11.19.2 et 11.24.

Cela dit, il faut rappeler qu'il s'agit ici d'un scénario de construction qui présente déjà une très grande incertitude. Cela dit, il faut rappeler qu'il s'agit ici de la modélisation d'un scénario de construction qui présente déjà une très grande incertitude puisque la majorité des sources consistent en des émissions fugitives de particules. En particulier, la section 8 du rapport de modélisation présente en détail le conservatisme, les incertitudes et les limitations d'une telle modélisation. De plus, il faut rappeler que le scénario est basé sur un concept de journée de construction typique qui est appelé à être révisé. Enfin, il est important de rappeler que des activités de chargements/déchargements sont déjà considérées dans le modèle et que, malgré tout, le routage représente le contributeur le plus important pour les particules (voir section 7.3 de l'étude de modélisation); les activités de manutention n'étant pas significative. Il n'est alors pas attendu que l'ajout de sources de chargements/déchargements potentielles influencerait les résultats de façon significative. Dans ce contexte, il n'est pas jugé pertinent d'apporter des correctifs en ce sens à la modélisation.

SITE IGRM – EXPLOITATION

Pour la source « Érosion éolienne », un pourcentage d'atténuation de 96,6 % est appliqué compte tenu du grand taux d'humidité des résidus miniers. Le MELCCFP comprend que la méthode proposée par le ministère pour évaluer les émissions reliées à l'érosion éolienne des piles n'est pas adaptée pour des résidus à haute teneur en humidité ou sous forme de pulpe. Le ministère n'a pas de méthode alternative à proposer pour l'évaluation de taux d'émission qui tiendrait compte de la variation de l'humidité des surfaces. Le taux d'atténuation obtenu à partir de la méthode proposée par l'initiateur est très élevé, cela signifie que le phénomène d'érosion éolienne n'aurait pratiquement pas lieu, ce qui nous apparaît peu probable. Il n'est pas possible de savoir pendant combien de temps cette atténuation serait maintenue, considérant que l'état de la surface des piles va varier en fonction du temps (assèchement de la surface, modifications de la surface à la suite des périodes de gel et de dégel), et que cela pourrait engendrer le phénomène d'érosion éolienne.

Pour pouvoir appliquer un tel taux d'atténuation, des mesures devront être incluses au programme de surveillance afin de vérifier que le phénomène d'érosion éolienne ne se produit pas pour les piles concernées.

Falco s'engage à inclure des inspections visuelles régulières des IGRM afin de vérifier la présence d'érosion éolienne et de consigner ces données dans un registre. Lors de la mise à jour du Plan de gestion des émissions atmosphériques, des mesures d'atténuation supplémentaires seront élaborées et Falco s'engage à les mettre en place dans les plus brefs délais dans l'éventualité où des problématiques d'érosion éolienne seraient observées. Ces mesures viseront principalement des interventions ponctuelles permettant de réduire à la source les

émissions de poussières aux secteurs problématiques. La mise à jour du Plan de gestion des émissions atmosphériques sera déposée au MELCCFP avant le début des travaux de construction des IGRM.

VOLET QUALITÉ DE L'EAU

QC3-5 En réponse à la question QC-52, l'initiateur précise que les différents facteurs pouvant influencer la qualité de l'eau générée sur le site minier (eau de procédé, résidus miniers, eau de ressuage, eau de contact souterraine, eaux de surface des divers bassins versants, etc.) seront échantillonnés régulièrement durant les deux (2) premières années d'exploitation de manière à diminuer l'incertitude et ainsi raffiner le modèle de prédiction de la qualité de l'eau. En fonction de ces résultats, l'initiateur prévoit revoir la conception des installations de gestion des résidus miniers (IGRM) et le plan de gestion de l'eau. Toutefois, peu d'information a été transmise concernant ce programme de suivi prévu. Ainsi, l'initiateur doit transmettre les grandes lignes de ce programme en incluant les objectifs, les paramètres et la fréquence de ce suivi, ainsi que la nature des matériaux et des milieux visés. De plus, l'initiateur doit s'engager à fournir au MELCCFP un rapport de suivi de la qualité de l'eau de surface détaillé et une mise à jour de l'étude de prédiction de la qualité de l'eau lors du dépôt de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE pour la construction des installations de gestion et de traitement des eaux et des résidus miniers sur le site des IGRM.

REP3-5 La question QC-52 portait originalement sur le contrôle de la qualité de l'eau pendant les phases de fermeture. Le complément de réponse COMP-52 amenait des précisions sur la période transitoire, soulignant notamment le fait qu'aucun rejet d'eau à l'environnement n'est prévu pendant les deux premières années d'exploitation (période de production sans IGRM) et indiquant effectivement que cette période permettra de raffiner le modèle de prédiction de la qualité de l'eau.

Bien qu'il soit prévu de collecter et d'utiliser toute l'eau de contact et qu'il n'y ait pas de rejet d'eau à l'environnement justifiant la mise en place de programme de suivi environnemental pour l'effluent final durant cette période, les différentes sources pouvant influencer la qualité de l'eau pourront être échantillonnées durant les premières années d'exploitation. Ceci permettra de diminuer l'incertitude du modèle de prédiction de la qualité de l'eau et d'ajuster la stratégie de gestion de l'eau et des résidus miniers au besoin.

Le programme de suivi prévu pendant la période de production sans IGRM visera donc à collecter des données représentatives qui permettront de préciser le modèle de prédiction de la qualité de l'eau. Les grandes lignes de ce programme sont décrites ci-dessous.

Contexte

La stratégie de gestion de l'eau du projet Horne 5 prévoit collecter les eaux de contact pour prévenir leur rejet dans l'environnement et prioriser la recirculation de l'eau afin de limiter les besoins en eau fraîche et en traitement d'un effluent final (Golder, 2022).

Pendant la période de production sans IGRM, les besoins en eau du projet seront principalement comblés par la récupération et la recirculation des eaux souterraines et de drainage de surface en provenance du CMH5 :

- L'eau provenant de la recharge de l'aquifère, du ressuage des résidus déposés sous terre (remblai hydraulique) et des équipements miniers souterrains sera captée dans le système de collecte de la mine. Une portion sera réutilisée pour les équipements miniers souterrains et le reste sera pompé vers la surface et acheminé à l'usine de traitement du minerai (UTM) pour être utilisé dans le procédé.
- L'eau accumulée dans l'ancienne mine Quemont durant la période de préproduction (le « réservoir Quemont ») sera également utilisée comme source d'eau pendant la période de production sans IGRM. Le réservoir Quemont sera vidé progressivement durant les premières années d'exploitation, mais continuera d'être utilisé pour stocker et réutiliser les excédents d'eau périodiques au besoin.
- L'eau de ruissellement du site du CMH5 sera accumulée dans les étangs de drainage du CMH5 et acheminée à l'UTM pour être utilisée dans le procédé.

Aucun rejet d'eau à l'environnement n'est prévu pendant la période de production sans IGRM, et aucun rejet n'est prévu au CMH5 pendant les périodes de production (sans et avec IGRM) et les phases de fermeture (transition, active et passive).

Objectif

L'objectif du programme de suivi pendant la période de production sans IGRM est de bonifier la caractérisation des différentes sources d'eau et de leurs mélanges afin de préciser le modèle de prédiction de qualité de l'eau.

Le plan d'échantillonnage et les analyses en laboratoire et *in situ* viseront à mieux définir les intrants géochimiques du modèle de prédiction de qualité de l'eau et ainsi à préciser la qualité de l'effluent final pour les périodes subséquentes, avant tout déversement d'un effluent final à l'environnement. Les données recueillies permettront de bonifier la stratégie de gestion de l'eau pour la période de production avec IGRM et les phases de fermeture au besoin.

Paramètres

Le programme de suivi ne vise pas à satisfaire des exigences réglementaires de rejet à l'environnement; les données recueillies seront utilisées à des fins internes afin de mettre à jour le modèle de prédiction de qualité de l'eau et préciser l'évaluation modélisée de la qualité de l'effluent final lorsqu'il y en aura un.

Ainsi, les paramètres analysés dans le cadre du programme de suivi pourront inclure :

- les groupes de paramètres et de mesures de suivi annuel du tableau 2.4 de la *Directive 019 sur l'industrie minière* (MELCC, 2012);
- les paramètres du Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel (MDDELCC, 2017);
- les paramètres identifiés comme potentiellement préoccupants à la suite des essais de lixiviation;
- les paramètres inclus dans les objectifs environnementaux de rejet (OER).

L'analyse de certains paramètres en ultra basse limite pourra être requise afin de pouvoir comparer les résultats de la modélisation aux OER.

Les paramètres prévus d'être analysés dans le cadre de ce programme, les limites de détection et les conditions d'analyse sont présentées de façon préliminaire au tableau REP3-5 ci-dessous. Cette liste pourra être revue lors de la mise en place du programme et en fonction des résultats d'analyse qui seront obtenus.

Fréquence

La fréquence de l'échantillonnage et des analyses sera définie en fonction des matériaux et des milieux visés. De façon générale, l'échantillonnage sera plus fréquent en début d'exploitation et pourra être réduit si les résultats d'analyses et les conditions d'opération le justifient. Les instruments de mesure reliés à un système d'acquisition permettront le suivi de certains paramètres en continu.

Nature des matériaux et milieux visés

Un plan d'échantillonnage et d'analyse sera développé pour chacun des matériaux et milieux visés par le programme de suivi. Les différentes sources d'eau constituant les principaux intrants qui définissent le modèle de prédiction de qualité d'eau pendant la période de production sans IGRM et les grandes lignes de leur plan d'échantillonnage respectif sont décrites ci-dessous.

— Eaux souterraines :

- Un plan d'échantillonnage et d'analyse visera à préciser la qualité des eaux souterraines qui seront collectées dans la mine et réutilisées à l'UTM. Des stations d'échantillonnage et des instruments de mesure pourront être mis en place à divers endroits du système de collecte et du réservoir Quemont. La fréquence d'échantillonnage sera élevée pendant les premiers mois et pourra être à réduite lorsque

les données recueillies seront considérées suffisantes. La localisation des stations d'échantillonnage et les paramètres à analyser pourront également être révisés en fonction des résultats obtenus.

- Eaux de surface au CMH5 :
 - Un plan d'échantillonnage et d'analyse des eaux de surface au CMH5 pourra être développé en suivant le modèle du *Programme de caractérisation des eaux de surface dans le secteur des IGRM* initié en 2022 (WSP Golder, 2022) et présenté à l'annexe QC3-5. La localisation et le nombre de stations d'échantillonnage ainsi que la fréquence de l'échantillonnage et les paramètres à analyser seront définis afin de préciser la prédiction de la qualité des eaux de surface qui seront collectées dans les étangs de drainage et réutilisées à l'UTM. Des stations d'échantillonnage et des instruments de mesure pourront également être mis en place dans les étangs de drainage et à l'entrée de cette source d'eau à l'UTM.
- Eau de recirculation à l'UTM :
 - Un plan d'échantillonnage et d'analyse visera à caractériser l'eau qui sera récupérée à l'UTM et réutilisée dans le procédé. Des stations d'échantillonnage et des instruments de mesure pourront être mis en place à divers endroits dans l'UTM afin de préciser la qualité de l'eau de recirculation. Ce plan pourra inclure la caractérisation de l'eau provenant des résidus miniers (résidus de concentrés de pyrite [RCP] et de flottation de pyrite [RFP]), et contribuer à la mise à jour de la caractérisation des résidus (voir la réponse à la question QC3-6 ci-après), en plus de servir à la mise à jour des intrants géochimiques associés dans le modèle de prédiction de qualité de l'eau pour la période de production avec IGRM et la phase de fermeture. La fréquence d'échantillonnage sera élevée pendant les premiers mois et pourra être réduite lorsque la qualité de l'eau sera stable.

RÉSULTATS ET ENGAGEMENTS

Les données recueillies pour chacun des matériaux et milieux visés par ce programme de suivi seront utilisées pour revoir des intrants géochimiques du modèle de prédiction de qualité de l'eau qui permettra d'optimiser la stratégie de gestion de l'eau et des résidus pendant la période de production avec IGRM et les phases de fermeture.

Le programme de surveillance et certains des instruments environnementaux qui seront mis en place dans le cadre de la mise en valeur (voir la carte présentée à l'annexe QC3-1-2) resteront en place en périodes d'exploitation et de fermeture et fourniront des données qui pourront être utilisées pour la mise à jour du modèle de prédiction de la qualité de l'eau. C'est également le cas des données qui seront recueillies lors de l'application du programme de surveillance prévu dans le cadre de la stratégie de gestion des résidus sous terre (voir le complément de réponse COMP-226 du document de compléments de réponse soumis en 2022).

En plus des données recueillies dans le cadre du programme de suivi pendant la période de production sans IGRM et d'autres programmes de surveillance, d'autres éléments seront à considérer pour améliorer la précision du modèle de prédiction de la qualité de l'eau et optimiser la stratégie de gestion de l'eau et des résidus au besoin. Notamment, les critères de la qualité de l'eau applicables et la localisation et les modalités de rejet de l'effluent final qui, comme mentionné dans les compléments de réponse soumis précédemment, devront être revus afin de prendre en considération la qualité d'eau du milieu récepteur, où des eaux de surface présentant des concentrations excédant les OER préliminaires ont été observées.

À cet effet, un programme de caractérisation des eaux de surface dans le secteur des IGRM a été développé en 2022 et est joint à l'annexe QC3-5. L'échantillonnage suit son cours et un rapport de caractérisation sera réalisé lorsque l'échantillonnage sera complété. Les données recueillies dans le cadre de ce programme de caractérisation serviront également à la mise à jour du modèle de prédiction de qualité de l'eau pour la période de production avec IGRM et les phases de fermeture.

Falco s'engage à fournir au MELCCFP un rapport de suivi de la qualité des eaux de surface dans le secteur des IGRM lorsqu'il sera complété, ainsi qu'une mise à jour de l'étude de prédiction de la qualité de l'eau lors du dépôt de la demande d'autorisation ministérielle pour la construction des IGRM.

Tableau REP3-5 : Paramètres à analyser, limites de détection et conditions d'analyse

Paramètre	Limite de détection ^[1]	Unité	Inclus dans			
			Tableau 2.4 de la Directive 019	MDEELCC (2017)	Protocole « dissous » ^[2]	Protocole « MET » ^[3]
Physicochimie de base et nutriments						
Alcalinité	8	mg/L CaCO ₃	x	x		x
Carbone organique dissous	0,2	mg/L C	x	x		x
DBO ₅	1	mg/L O ₂	x			x
Conductivité	0,7	µS/cm		x		x
Hydrocarbures (C ₁₀ -C ₅₀)	0,1	mg/L	x			
Cyanures totaux	0,001	mg/L	x			x
Cyanates	0,01	mg/L CNO	x			
Thiocyanates	0,05	mg/L SCN	x			
Sulfures	0,03	mg/L S ²⁻	x			x
Thiosulfates	0,02	mg/L S ₂ O ₃	x			x
Toxicité aiguë	1	UTa	x			x
Toxicité chronique	1	UTc				x
Dureté	s. o.	mg/L CaCO ₃	x	x		x
Matières en suspensions (MES)	1	mg/L	x	x		x
* Oxygène dissous	s. o.	mg/L		x		x
* pH	s. o.	unité pH	x	x		x
Solides dissous totaux	9	mg/L	x	x		x
Indice phénol	0,002	mg/L	x			x
* Température	s. o.	°C		x		x
Turbidité	0,1	UTN	x	x		x
Azote ammoniacal	0,02	mg/L N	x	x		x
Azote total	0,02	mg/L N		x		x
Azote total Kjeldahl	0,05	mg/L N	x			
Nitrates	0,02	mg/L N	Nitrates+Nitrites	Nitrates+Nitrites		x
Nitrites	0,02	mg/L N	Nitrates+Nitrites	Nitrates+Nitrites		x
Phosphore total ^[4]	0,0006	mg/L P	x	x	x	x
Coliformes fécaux	2	UFC/100 ml		x		x
Anions et cations						
Bromures	s. o.	mg/L				x
Calcium	0,02	mg/L	x	x		x
Chlorures	0,06	mg/L	x	x		
Fluorures	0,03	mg/L	x	x		x
Magnésium	0,02	mg/L	x	x		x

Tableau REP3-5 : Paramètres à analyser, limites de détection et conditions d'analyse (suite)

Paramètre	Limite de détection ^[1]	Unité	Inclus dans			
			Tableau 2.4 de la Directive 019	MDDELCC (2017)	Protocole « dissous » ^[2]	Protocole « MET » ^[3]
Potassium	0,03	mg/L	x	x		x
Sodium	0,02	mg/L	x	x		x
Sulfates	0,3	mg/L	x	x		x
Métaux en traces						
Aluminium	0,0005	mg/L	x	x	x	x
Antimoine	0,000005	mg/L		x	x	x
Argent	0,000003	mg/L		x	x	x
Arsenic	0,00009	mg/L	x	x	x	x
Baryum	0,00003	mg/L		x	x	x
Béryllium	0,00001	mg/L		x	x	x
Bore	0,0003	mg/L		x	x	x
Cadmium	0,000006	mg/L	x	x	x	x
Chrome	0,00004	mg/L	x	x	x	x
Cobalt	0,000008	mg/L	x	x	x	x
Cuivre	0,00007	mg/L	x	x	x	x
Fer	0,0005	mg/L	x	x	x	x
Manganèse	0,00003	mg/L	x	x	x	x
Mercuré	0,0000013	mg/L	x		x	x
Molybdène	0,00001	mg/L	x	x	x	x
Nickel	0,00005	mg/L	x	x	x	x
Plomb	0,00003	mg/L	x	x	x	x
Sélénium	0,0003	mg/L		x	x	x
Strontium	0,0003	mg/L		x	x	x
Uranium	0,000006	mg/L		x	x	x
Vanadium	0,0001	mg/L		x	x	x
Zinc	0,0007	mg/L	x	x	x	x

Note : Les paramètres précédés d'un astérisque « * » peuvent être mesurés à l'aide d'un appareil multisonde lors de l'échantillonnage.

s. o. Sans objet.

- 1 Les limites de détection applicables varient en fonction du type d'eau à analyser (eau de surface, eau souterraine, effluents) et des méthodes d'analyse utilisées. La limite de détection applicable la plus basse est présentée dans ce tableau. Quand une limite de détection applicable n'était pas identifiée dans un des guides utilisés, la limite de détection atteignable par le laboratoire d'analyse a été utilisée.
- 2 Analysé en tant que métal dissous comme le recommande MDDELCC (2017) et selon les méthodes MDDELCC (2021) et MDDEP (2011).
- 3 Analysé selon les méthodes de métaux extractibles totaux (métaux) ou les autres méthodes applicables comme le recommande MDDELCC (2017). Cette colonne comprend également les paramètres identifiés comme potentiellement préoccupants à la suite des essais de lixiviation et les paramètres inclus dans les objectifs environnementaux de rejet (OER).
- 4 Analysé comme nutriment et non par ICP.

RÉFÉRENCES :

- GOLDER ASSOCIÉS LTÉE (Golder). 2022. *Rapport du bilan d'eau du projet Horne 5*. Rapport préparé pour Ressources Falco Ltée. Montréal. No de réf. GAL113-19122243-RF-Rev2. 40 p. figures et annexes
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2017. *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel*. Québec, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-79556-8. 12 p. et annexes
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDDELCC). 2021. *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux traces*. 17 p. et annexe
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS. 2011. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines*. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. 60 p. et annexe
- WSP GOLDER. 2022. *Programme de caractérisation des eaux de surface dans le secteur des IGRM*. Mémoire technique préparé pour Ressources Falco Ltée. Montréal. No de réf. GAL302-2148284007-22001-Rev0. 8 p.

QC3-6 Selon le rapport *Caractérisation géochimique du minerai et des stériles de la propriété Horne 5*, présenté à l'annexe 3-A de l'annexe COMP-1-1, la caractérisation préliminaire des résidus miniers d'usinage, incluant les résidus désulfurés (PFT) et le concentré de sulfures (PCT), a été réalisée pour un nombre limité d'échantillons de laboratoire. Le MELCCFP considère qu'il sera essentiel de faire des essais de vérification sur un plus grand nombre d'échantillons PFT et PCT prélevés à la sortie de l'usine de traitement du minerai après le début de son exploitation. L'initiateur doit s'engager à réaliser davantage d'essais de vérification sur suffisamment d'échantillons PFT et PCT prélevés à la sortie de l'usine de traitement du minerai après son exploitation afin d'illustrer un état de situation représentatif et fiable. L'initiateur devra alors justifier le nombre d'échantillons retenus. De plus, l'initiateur doit fournir les grandes lignes du programme de mise à jour de l'étude de caractérisation. L'initiateur doit aussi s'engager à fournir un rapport détaillé de la future mise à jour de l'étude de caractérisation lors du dépôt de la demande d'autorisation ministérielle en vertu de l'article 22 de la LQE pour la construction des installations sur le site des IGRM.

REP3-6 Les compléments de réponse COMP-1, COMP-39 et les rapports de caractérisation géochimique présentés en annexe des plans de réaménagement et de restauration préliminaires soumis en annexes du complément de réponse COMP-1 soumis en 2022 soulignaient effectivement que des analyses supplémentaires seront réalisées lorsque des résidus seront disponibles. Falco confirme son engagement à prélever des échantillons de résidus de flottation de pyrite (RFP) et de résidus de concentré de pyrite (RCP) avant la mise en service des IGRM et souhaite amener les précisions ci-dessous.

Contexte

Il importe de rappeler l'approche conservatrice privilégiée pour l'élaboration de la stratégie de gestion des résidus, l'ingénierie conceptuelle des IGRM et les mesures de restauration prévues en fermeture qui supposent que les deux flux de résidus pourraient être acidogènes, lixiviables et cyanurés. Les aires d'accumulation prévues pour entreposer les RCP et RFP ont donc été conçues afin de répondre aux mesures d'étanchéité de niveau A, comme requis par la *Directive 019 sur l'industrie minière* (MELCC, 2012). Toutefois, les résultats des essais cinétiques réalisés sur un échantillon de résidus désulfurés (URSTM, 2019) permettent de présumer que les RFP pourraient prendre plusieurs années avant de générer de l'acidité, et même ne pas être acidogènes.

Ainsi, les analyses complémentaires ne viseront donc pas à revoir la classification des résidus utilisée pour développer la stratégie de gestion des résidus et la conception des aires d'accumulation, mais principalement à bonifier la caractérisation géochimique des résidus afin d'avoir une meilleure compréhension de la chimie des résidus et de l'eau de procédé. Les résultats obtenus aideront à préciser le modèle de prédiction de la qualité de l'eau et à optimiser la stratégie de gestion de l'eau au besoin (comme discuté en réponse à la question QC3-5). Les résultats pourront également être utilisés pour revoir les mesures de restauration prévues et faire progresser la conception. La possibilité d'utiliser des RFP comme matériel de recouvrement pourra notamment être étudiée.

Les grandes lignes du programme d'analyses complémentaires qui permettra la mise à jour de l'étude de caractérisation géochimique lorsque des résidus seront disponibles sont décrites ci-dessous.

Objectif

L'objectif du programme est de bonifier la caractérisation des résidus, préciser le modèle de prédiction de qualité de l'eau et optimiser la stratégie de gestion des résidus et de l'eau pour chacune des phases du projet, au besoin. Les données recueillies seront également utilisées pour les mises à jour des plans de réaménagement et de restauration (CMH5 et IGRM).

Paramètres

Les échantillons seront soumis aux analyses requises pour la classification géochimique selon le *Guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai* (MELCC, 2020), qui incluront notamment :

- des analyses des eaux de procédés pour les paramètres généraux tels que les nutriments, le cyanure et les métaux dissous;
- des analyses bilan acide-base sur tous les échantillons de résidus et des analyses de minéralogie sur un sous-ensemble d'échantillons pour améliorer la compréhension du potentiel de drainage minier acide et de la composition minérale des RCP et RFP;
- des analyses de métaux sur tous les échantillons de résidus afin de comprendre les paramètres potentiellement préoccupants et d'identifier toute différence par rapport aux données initiales;
- des essais de lixiviation à court terme pour obtenir des données complémentaires et préciser certains des intrants géochimiques du modèle de prédiction de la qualité de l'eau. Des essais de lixiviation à long terme pourraient également être réalisés sur certains échantillons, au besoin.

Fréquence

Falco prévoit l'échantillonnage en vrac de minerai pendant la période de mise en valeur du projet afin de faire des essais métallurgiques qui produiront des résidus ainsi que l'eau de procédé. Quelques échantillons de RCP, de RFP et d'eau de procédé provenant de chacun des flux pourront donc être collectés et analysés lors de la mise en valeur.

Des échantillons de résidus et d'eau de procédé pourront aussi être collectés à la sortie de l'usine de traitement du minerai (UTM) dès sa mise en production. La fréquence d'échantillonnage sera élevée les premiers mois et pourra être réduite si les résultats d'analyses le justifient. La fréquence d'échantillonnage pourra être revue en fonction du plan de minage.

RÉSULTATS ET ENGAGEMENT

Les résultats d'analyse recueillis dans le cadre de ce programme pour chacun des types de résidus et l'eau de procédé seront utilisés pour revoir des intrants géochimiques du modèle de prédiction de qualité de l'eau qui permettra d'optimiser la stratégie de gestion de l'eau et des résidus, au besoin.

Une mise à jour de l'étude de caractérisation géochimique des résidus miniers et de l'eau de procédé sera réalisée lorsque suffisamment d'échantillons auront été prélevés et analysés. Le rapport sera préparé conformément au *Guide de caractérisation des résidus miniers et du minerai* (MELCC, 2020). Ce rapport sera soumis avec la demande d'autorisation ministérielle pour la construction des IGRM. Par la suite, un rapport sera fourni s'il y a des changements importants dans la composition chimique des résidus, ou tous les cinq ans lors des mises à jour du plan de réaménagement et de restauration, comme requis par la *Directive 019 sur l'industrie minière* (MELCC, 2012) et le *Guide de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec* (MERN, 2022).

RÉFÉRENCES :

- MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES (MERN). 2022. Guide de préparation du plan de réaménagement et de restauration des sites miniers au Québec. 87 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2020. Guide de caractérisation des résidus miniers et du minéral. Québec. 52 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2012. Directive 019 sur l'industrie minière. 66 p. et annexes
- UNITÉ DE RECHERCHE ET DE SERVICE EN TECHNOLOGIE MINÉRALE (URSTM). 2019. Programme d'essais sur les remblais cimentés en pâte et la disposition de rejets sulfureux du projet Horne 5 : Essais complémentaires. Rapport final. Rouyn-Noranda. No de réf. : PU-2016-05-1067. 41 p.

QC3-7

L'initiateur indique, en réponse à question QC-12, qu'une revue indépendante de la conception des aires d'accumulation des IGRM, par des experts n'ayant pas participé à leur conception, sera réalisée. Selon l'initiateur, cette revue permettra d'obtenir des commentaires, des conseils et des recommandations concernant les risques et les impacts potentiels d'un bris de digue aux IGRM. Le MELCCFP est d'avis que cette revue indépendante doit également prendre en considération les risques associés à l'exploitation de ces ouvrages et les études de stabilité, incluant la stabilité des fondations et des pentes.

L'initiateur doit s'engager à inclure à cette revue indépendante les risques associés à l'exploitation des IGRM, ainsi que l'étude de stabilité incluant la stabilité des fondations et des pentes. Il doit déposer le rapport de cette étude indépendante au MELCCFP.

REP3-7

La question QC-12 portait sur les préoccupations mentionnées par les représentants de la Ville de Rouyn-Noranda qui concernaient plus précisément les risques associés à des bris d'équipements du projet Horne 5 et les effets potentiels d'un déversement accidentel sur la qualité des plans d'eau. La réponse REP-12, soumise en 2018, et le complément de réponse COMP-12, soumis en 2022, apportaient des précisions sur les multiples aspects ayant été considérés pour prendre en compte les préoccupations exprimées lors de la consultation publique réalisée en novembre 2017, notamment l'impact potentiel d'un bris de digue sur la prise d'eau potable située dans le lac Dufault.

En plus de résumer les différentes études réalisées et les principaux éléments considérés dans la stratégie de gestion et la conception des IGRM et des conduites de résidus miniers et d'eau de recirculation, Falco soulignait l'importance d'une gestion diligente et responsable des opérations d'exploitation et mentionnait avoir planifié la mise en place de différents systèmes et mécanismes de révision. Ceux-ci incluent effectivement une revue indépendante par des experts n'ayant pas participé à la conception des IGRM et du réseau de conduites, comme recommandé par l'Association minière du Canada (AMC, 2019) et l'Association canadienne des barrages (ACB 2014; 2013).

Falco confirme que la revue indépendante prendra en considération les risques associés à l'exploitation de ces ouvrages et les études de stabilité, incluant la stabilité des fondations et des pentes. Selon les standards et normes de l'industrie, une telle revue indépendante doit être réalisée en cours des études de conception avancées et par la suite au moins tous les cinq ans, ou plus tôt s'il y a un changement important dans le contexte social, environnemental ou économique local. Cet examen doit se poursuivre jusqu'à ce que le parc à résidus miniers ait été fermé de façon sécuritaire. Selon l'Association canadienne des barrages (ACB, 2016), les éléments typiques d'une revue indépendante sont :

- revoir les informations disponibles et identification des écarts;
- comprendre la classification actuelle des conséquences;
- établir les critères de bonne performance pour analyse;
- comprendre les éléments physiques du système de gestion des résidus;
- réaliser une visite et une inspection du site;
- réaliser des entrevues avec l'équipe responsable de la gestion et de la construction;
- vérifier la documentation de suivi de la construction et des opérations;
- confirmer le fonctionnement des équipements critiques;
- réaliser une analyse de sécurité des digues (danger, mode de rupture et mesure de contrôle des risques);
- identifier les constatations et analyser les éléments de sécurité du système de gestion;
- recommander les actions et les priorités;

- rédiger un rapport de revue de sécurité des digues.

Falco s'engage à fournir un rapport de revue indépendante prenant en considération les risques associés à l'exploitation des ouvrages et les études de stabilité, incluant la stabilité des fondations et des pentes au MELCCFP dans le cadre du processus approprié et en moments opportuns.

RÉFÉRENCES :

- ASSOCIATION CANADIENNE DES BARRAGES (ACB). 2016. Examens de la sécurité des barrages. Bulletin technique. 49 p.
- ASSOCIATION CANADIENNE DES BARRAGES (ACB). 2014. *Application des recommandations de sécurité des barrages aux barrages miniers*. Bulletin technique. 46 p.
- ASSOCIATION CANADIENNE DES BARRAGES (ACB). 2013. *Recommandations de sécurité des barrages*. Original daté de 2007, révisé en 2013.
- ASSOCIATION MINIÈRE DU CANADA (AMC). 2019. Guide de gestion des parcs à résidus miniers. Version 3,1. 91 p.

VOLET MILIEUX HUMIDES, HYDRIQUES ET NATURELS

QC3-8 En réponse à question QC-125, en lien avec l'inventaire des espèces floristiques à statut particulier, l'initiateur indique notamment au sujet de la Corallorhize striée (*Corallorhiza striata*), qu'« il importe toutefois de noter qu'en raison d'une modification de la portion terminale de la conduite d'eau fraîche entre la réalisation de l'inventaire de juin 2019 et le dépôt de cette étude au MELCC, l'extrémité sud-est de cette conduite n'a pas fait l'objet d'inventaire spécifique à cette espèce. ». Le MELCCFP rappelle à l'initiateur que les inventaires complets des espèces floristiques à statut précaires susceptibles d'être présentes devront être finalisés afin de confirmer la présence ou l'absence de ces espèces, dont la Corallorhize striée, sur l'ensemble des secteurs de travaux projetés.

L'initiateur doit présenter les mesures qu'il prévoit mettre en place dans le cas où la Corallorhize striée est rencontrée dans la portion terminale de la conduite lors des inventaires. Les rapports d'inventaires des espèces floristiques à statut particulier devront être déposés lors de l'analyse environnementale.

REP3-8 Un complément à la réponse à la question QC-125 a été fourni en 2022 afin d'officialiser le dépôt des notes techniques rapportant les résultats des inventaires complémentaires de la Corallorhize striée réalisées en 2018 et 2019, qui avaient été transmises au MELCCFP en 2020, mais n'avaient pas été ajoutées au registre. Ce complément de réponse (COMP-125) mentionnait que, tout comme lors des inventaires terrain de 2016 et 2017 réalisés pour la préparation de l'étude d'impact sur l'environnement, les inventaires réalisés en 2018 et 2019 n'ont pas permis de relever la Corallorhize striée (WSP, 2018, 2019).

Toutefois, comme le soulignait effectivement le complément de réponse COMP-125, l'extrémité sud-est de la conduite d'eau fraîche n'avait pas fait l'objet d'inventaire spécifique à cette espèce. Falco s'engage à réaliser en 2024 un inventaire spécifique pour la recherche de la Corallorhize striée sur la portion terminale du tracé de la conduite d'eau fraîche. La période propice à l'observation de cette espèce a généralement lieu en juin. Falco s'engage à déposer les résultats de cet inventaire spécifique dès qu'il sera complété.

Advenant que la Corallorhize striée, ou toute autre espèce floristique à statut, serait trouvée dans le secteur des travaux projetés durant cet inventaire, les mesures d'atténuation suivantes visant d'abord à éviter et minimiser les impacts, puis à les compenser, seront mises en place lors des travaux projetés :

- Advenant qu'une colonie d'une espèce floristique à statut particulier soit présente à proximité de la zone des travaux, baliser les aires de travail afin de restreindre la circulation de la machinerie et du personnel pour ainsi limiter tout empiétement au-delà des zones de déboisement et de circulation requises.
- Advenant qu'une colonie d'une espèce floristique à statut particulier soit présente dans la zone des travaux ou sur sa limite immédiate, un plan de relocalisation de la colonie sera établi. Ce plan tiendra compte des conditions du site donneur/perturbé (substrat, drainage, pH, espèces compagnes, etc.) et visera à les retrouver sur le site récepteur. Les conditions de relocalisation y seront définies, de même que les modalités et la durée du suivi visant à vérifier la survie de la colonie (5 ou 10 ans, par exemple).

De plus, il importe de rappeler que, tel que mentionné dans le chapitre 14. Programmes de surveillance et de suivi environnementaux de l'étude d'impact sur l'environnement du projet Horne 5, les programmes de surveillance et de suivi environnementaux conçus pour le projet décriront les moyens et les mécanismes qui seront mis en place pour s'assurer du respect des exigences légales et environnementales. Ces derniers feront partie intégrante des procédures de chantier et seront documentés comme l'ensemble des autres activités de construction et d'exploitation.

La surveillance environnementale consistera notamment à s'assurer que tous les intervenants sur le chantier soient sensibilisés aux préoccupations environnementales et aux mesures de protection du milieu, incluant celles pour les espèces à statut particulier. Une équipe d'inspection expérimentée sera formée afin de surveiller de façon adéquate l'exécution de tous travaux. De concert avec les entrepreneurs, les responsables du chantier et de l'environnement organiseront plusieurs réunions de chantier, qui auront notamment pour but d'informer et de sensibiliser le personnel affecté au chantier des dispositions environnementales et de sécurité qui seront à observer durant toute la période des travaux. Des ressources telles que le *Guide d'identification des espèces fauniques et floristiques en situation précaire du milieu forestier* développé par le Gouvernement du Québec, qui inclut la Corallorhize striée, seront présentées et mises à la disposition de tous, avec les mesures à prendre si cette dernière était identifiée.

RÉFÉRENCES :

- WSP. 2019. *Inventaire complémentaire de la corallorhize striée, deuxième année de suivi*. Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Québec. Document préparé pour Ressources Falco Ltée. 8 p. et annexes
- WSP. 2018. *Inventaire complémentaire de la corallorhize striée*. Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Québec. Document préparé pour Ressources Falco Ltée. 7 p. et annexes

QC3-9 Les compensations pour les atteintes aux milieux humides et hydriques (MHH) du projet peuvent se faire par une contribution financière qui pourra être remplacée par un projet de création de MHH, suivant la décision du gouvernement concernant l'autorisation du projet. Selon notre compréhension des réponses soumises, l'initiateur souhaite compenser les pertes permanentes de MHH par des travaux visant la création de MHH.

L'initiateur doit soumettre un plan de compensation préliminaire des MHH. Les projets de compensation proposés devront permettre la création de nouveau MHH, et non le remplacement de MHH existant. C'est-à-dire qu'un projet de compensation des MHH ne devra pas induire la destruction d'un milieu humide pour aménager un milieu hydrique et vice versa. Or, en réponse à question QC-127, l'initiateur cite en exemple de projet de compensation pour les pertes de MHH, le projet de compensation pour les pertes d'habitat du poisson présentées dans l'annexe COMP-138. Ce dernier propose d'envoyer des milieux humides afin d'augmenter le niveau d'eau pour créer des milieux hydriques pour l'habitat du poisson. Selon notre compréhension, ce type de projet n'engendrerait aucun gain de MHH, et ne pourrait donc pas être considéré comme un projet de création de MHH pour pallier les atteintes en MHH du projet. Ainsi, une distinction doit être faite entre les atteintes en MHH et les pertes d'habitat du poisson. Ces dernières doivent être comptabilisées séparément et doivent faire l'objet d'un programme de compensation distinct.

REP3-9 Il est maintenant dans l'intention de Falco de compenser les atteintes aux milieux humides et hydriques (MHH) par une contribution financière.

Le plan de compensation préliminaire de l'habitat du poisson à finaliser en 2024 (voir la réponse à la question QC3-12 ci-dessous) comprendra une quantification des atteintes aux MHH résultant du projet de compensation de l'habitat du poisson proposé, laquelle sera ajoutée aux pertes en MHH du projet qui devront faire l'objet d'une compensation financière.

QC3-10 En réponse à la question QC-133, l'initiateur a fait une caractérisation des rives du ruisseau Waite pour démontrer la susceptibilité des berges à l'érosion de ce cours d'eau. L'étude révèle que le segment 4 pourrait être susceptible à l'érosion en cas d'augmentation du débit du cours d'eau, en raison de la nature des berges constituées de matériaux granulaires et dépourvus de végétation. Malgré cette susceptibilité, l'initiateur n'a présenté aucune mesure de suivi, de prévention ou de mesures correctrices à mettre en place en cas de problématique d'érosion.

L'initiateur doit bonifier les mesures de suivi et de prévention de l'érosion des berges présentées et proposer des mesures correctrices advenant que des problématiques d'érosion soient constatées.

REP3-10 Dans le complément de réponse COMP-133 soumis en 2022, Falco présentait les résultats d'une étude de caractérisation des berges du ruisseau Waite. Cette étude incluait une description de la susceptibilité des berges à l'érosion en fonction du débit ayant été revu à la baisse.

De façon générale, l'analyse réalisée illustre que le ruisseau Waite est peu susceptible de subir de l'érosion. Seul le segment 4 du cours d'eau, d'une longueur de 50 m et situé directement en aval d'un ponceau (voir la carte 2-1 à l'annexe QC3-10; tirée de l'inventaire complémentaire de la faune aquatique présenté à l'annexe COMP-135 du complément de réponse soumis en 2022), semblait plus susceptible à l'érosion en raison du fait que son lit avait été réaménagé et que ses berges étaient dépourvues de végétation. L'étude notait néanmoins que l'amont du ruisseau est régularisé par une pente faible, de nombreux barrages de castors et par des milieux humides, ce qui permettra de diminuer l'action érosive au droit de ce segment.

Par ailleurs, l'analyse récente des photographies satellitaires (Google Earth) montre que la végétalisation des berges s'est accentuée sur la rive ouest du segment 4 entre 2020 et 2023 (voir la figure REP3-10 ci-dessous). La reprise progressive de la végétation arbustive devrait ainsi limiter l'érosion et favoriser la stabilité de ce segment de berge à long terme.



Figure REP3-10 : Augmentation de la végétation entre 2020 (gauche) et 2023 (droite) sur la berge ouest du ruisseau Waite, en aval de la route (sud)

Enfin, compte tenu que les berges du cours d'eau ne sont pas encore totalement végétalisées le long du segment 4 et qu'une augmentation du débit viendrait changer les conditions actuelles d'écoulement, Falco s'engage à instaurer un programme de suivi du ruisseau Waite afin d'y caractériser la dynamique littorale ainsi que l'évolution de la zone susceptible à l'érosion. Ce suivi de l'érosion couvrira l'ensemble du segment 4 ainsi qu'une distance de 150 m en amont. Ce programme sera réalisé en période d'exploitation sur au moins deux années distinctes (par exemple, années 1 et 3) afin de vérifier si des changements sont remarqués par rapport aux conditions précédant l'exploitation. Le choix des années pour le suivi tiendra compte des variations des débits réels mesurés et des années de suivis supplémentaires pourraient être ajoutées si des modifications importantes sont observées à la première année de suivi. La campagne de suivi inclura une étude de terrain documentant l'état des berges ainsi qu'une photo-interprétation dans le cas où des photos récentes sont rendues disponibles. Les données récoltées pour chaque année de suivi seront comparées à celles de l'état initial, soit avant l'augmentation de débit en réponse à l'exploitation.

Ce programme permettra d'identifier tout changement en termes de dynamisme littoral et de susceptibilité à l'érosion. Par ailleurs, des mesures de corrections seront planifiées si de l'érosion est observée lors du suivi de l'état des berges. Ces mesures pourraient inclure un enrochement partiel des berges en érosion ainsi qu'une revégétalisation du haut de talus.

VOLET FAUNIQUE

QC3-11 L'initiateur présente à la réponse à la question QC-135 une estimation des empiétements dans l'habitat du poisson. Toutefois, les milieux visés par ces empiétements n'ont pas été caractérisés de façon adéquate. C'est-à-dire que plusieurs renseignements sont manquants, notamment les types de milieux touchés, leur qualité et la présence de zones de fraie. Ainsi, en plus de détailler les impacts du projet en termes de pertes d'habitat du poisson, l'initiateur doit transmettre ces renseignements additionnels. Ces renseignements sont essentiels à l'évaluation des projets de compensation pour les pertes d'habitat du poisson, notamment afin de comparer les pertes d'habitat du poisson aux gains prévues par ces projets de compensation potentiels.

L'initiateur doit s'engager à réaliser une caractérisation des milieux visés par les empiétements dans l'habitat du poisson. Cette caractérisation doit inclure, sans s'y limiter, le type de milieux, la qualité du milieu et la présence potentielle de zones de fraie. Le rapport de caractérisation doit être transmis au MELCCFP.

REP3-11 La question QC-135 demandait à Falco de présenter une quantification des pertes d'habitat du poisson en superficie et de cartographier chacun des cours d'eau et plans d'eau touchés en considérant la limite de la ligne naturelle des hautes eaux afin que l'étude d'impact sur l'environnement soit jugée recevable. La réponse REP-135 à cette question présentait un engagement de Falco à réaliser en 2018 des travaux de terrain visant à détailler précisément les pertes d'habitat du poisson associées au projet sur la base de cette demande.

En 2022, Falco a déposé le complément de réponse COMP-135 qui quantifiait les pertes d'habitat du poisson en superficie sur la base des résultats disponibles, notamment les inventaires complémentaires réalisés en 2018 qui visaient à répondre spécifiquement aux demandes additionnelles de la question QC-135. En plus du complément COMP-135 qui résumait les principaux éléments de réponse à la question QC-135, un rapport d'inventaire complémentaire de la faune aquatique présentant les travaux d'inventaire réalisés en 2018 et leurs résultats a été déposé à l'annexe COMP-135. Ce rapport présente une cartographie complète des cours d'eau et plans d'eau touchés par le projet Horne 5 en considérant la limite de la ligne naturelle des hautes eaux, comme le demandait la question QC-135. Les éléments de recevabilité identifiés à la question QC-135 ont donc été transmis comme demandé.

La question QC3-11 met l'accent sur des renseignements qualifiés « manquants », mais qui n'avaient jusqu'alors pas été formellement identifiées ainsi dans les demandes de renseignements additionnels précédentes.

Les différentes données accumulées lors des inventaires réalisés pour l'étude d'impact sur l'environnement (inventaires de 2016 et 2017), les inventaires complémentaires de 2018 (voir ci-dessus), les images aériennes et toute autre visite de terrain dans les secteurs concernés permettent de brosser un portrait des types de milieux touchés, de leur qualité et de la présence de zones de fraie potentielles.

Alors que le plan de compensation préliminaire de l'habitat du poisson est en cours de préparation et sera complété dans les prochains mois (voir la réponse à la question QC3-12 suivante), l'ensemble des données disponibles concernant les habitats du poisson sont revisités dans le but de préparer un rapport synthèse sur les habitats du poisson qui vise à orienter la préparation du plan de compensation, et à présenter de façon plus précise les habitats du poisson à compenser et leur qualité.

Le tableau REP3-11 présente les constats préliminaires de ce travail en cours, notamment un aperçu des types de milieux retrouvés aux endroits où des pertes seront occasionnées, les espèces qui y sont trouvées, les fonctions d'habitat (incluant les sites où de la fraie des espèces recensées est potentielle) et la qualité de ces habitats.

Tableau REP3-11 : Renseignements préliminaires sur les pertes d'habitat du poisson

Site	Superficie affectée	Faciès d'écoulement	Substrats dominants	Végétation aquatique	Poissons documentés (2017-2018)	Fonctions d'habitat ^[1]	Valeur écologique
Emprise des installations de gestion des résidus miniers (IGRM)							
Bassin OX2	19,3 ha	Eau calme (lac)	Matière organique, sable et argile/limon	Faible	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, méné à grosse tête, mullet à cornes, mullet perlé ^[2]	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible Alimentation : faible-moderée Migration : faible 	Faible
Partie du ruisseau Vauze (amont de OX2) ^[4]	1,4 ha	Chenal/plat lentique et plat courant	Matière organique, argile/limon, rocheux	Modérée	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, méné à grosse tête, mullet à cornes, mullet perlé ^[2]	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible-moderée Alevinage : faible-moderée Alimentation : faible-moderée Migration : faible-moderée 	Faible-moderée
Partie du ruisseau Vauze (aval de OX2) ^[4]	0,5 ha	Chenal/plat lentique	Matière organique et argile/limon	Modérée	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, méné à grosse tête, meunier noir, mullet perlé	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible-moderée Alevinage : faible-moderée Alimentation : faible-moderée Migration : faible 	Faible-moderée
Autres étangs et cours d'eau	33,0 ha	Étangs de castor et plats lentiques	Matière organique et argile/limon	Modérée	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible-moderée Alimentation : faible-moderée Migration : faible 	Faible
Canal sud-ouest ^[4]	3,0 ha	Chenal/plat lentique	Matière organique et argile/limon	Modérée	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines ^[3]	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible-moderée Alimentation : faible-moderée Migration : faible 	Faible

Tableau REP3-11: Renseignements préliminaires sur les pertes d'habitat du poisson (suite)

Site	Superficie affectée	Faciès d'écoulement	Substrats dominants	Végétation aquatique	Poissons documentés (2017-2018)	Fonctions d'habitat ^[1]	Valeur écologique
Traversées de cours d'eau par les conduites							
CE-02	389 m ²	Chenal/plat lentique	Matière organique et argile/limon	Modérée	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, méné à grosse tête	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible-moderée Alimentation : faible-moderée Migration : faible 	Faible-moderée
CE-03	511 m ²	Chenal/plat lentique	Matière organique et argile/limon	Modérée à forte	Barbotte brune, <i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, méné à grosse tête, méné jaune, meunier noir, mullet à cornes, mullet de lac, mullet perlé	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : modérée Alevinage : modérée Alimentation : modérée Migration : faible-moderée 	Modérée
CE-04	407 m ²	Chenal lentique	Matière organique et argile/limon	Faible à modérée	Barbotte brune, <i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, méné à grosse tête, méné jaune, mullet de lac, mullet perlé	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : modérée Alevinage : faible Alimentation : modérée Migration : faible 	Faible-moderée
CE-05	516 m ²	Chenal/plat lentique	Matière organique et argile/limon	Faible à modérée	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : modérée Alevinage : modérée Alimentation : modérée Migration : faible 	Faible-moderée
CE-06	386 m ²	Cascade-radier, chenal/plat lentique	Matière organique, argile/limon, sable et galet	Faible	Aucune pêche possible	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : très faible Alevinage : très faible Alimentation : très faible Migration : très faible 	Très faible
CE-07	50 m ²	Plat lentique	Matière organique	Modérée	Aucun	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : très faible Alevinage : très faible Alimentation : très faible Migration : très faible 	Très faible
CE-08	129 m ²	Chenal lentique, étang	Matière organique et argile/limon	Faible	Barbotte brune, <i>Chrosomus</i> sp., méné jaune, perchaude	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : modérée Alevinage : faible Alimentation : modérée Migration : faible 	Faible-moderée

Tableau REP3-11 : Renseignements préliminaires sur les pertes d'habitat du poisson (suite)

Site	Superficie affectée	Faciès d'écoulement	Substrats dominants	Végétation aquatique	Poissons documentés (2017-2018)	Fonctions d'habitat ^[1]	Valeur écologique
CE-09	37 m ²	Radier, plat lentique	Argile/limon, matière organique, gravier et caillou	Faible à forte	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, mulot perlé	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme/vive) : faible Alevinage : faible-moderée Alimentation : faible-moderée Migration : faible 	Faible
CE-10	0 m ²	Chenal lentique, rapide-radier	Argile/limon et gravier	Faible à modérée	Barbotte brune	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau vive) : modérée Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible Alimentation : modérée Migration : faible 	Modérée
CE-11	0 m ²	Plat lentique	Matière organique	Nulle-forte	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible Alimentation : faible Migration : faible 	Faible
CE-12	0 m ²	Chenal/plat lentique	Matière organique et argile/limon	Faible à forte	<i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible Alimentation : faible Migration : faible 	Faible
CE-13	19 m ²	Chenal lentique	Matière organique et argile/limon	Faible	Barbotte brune, <i>Chrosomus</i> sp., épinoche à cinq épines, méné à grosse tête, mulot perlé	<ul style="list-style-type: none"> Fraie (eau calme) : faible Alevinage : faible Alimentation : faible Migration : faible 	Faible

- 1 Seul le type de fraie applicable ou celui possédant un potentiel est mentionné.
- 2 Les données d'occurrences de poissons ont été extrapolées à partir des espèces capturées en 2017 et en 2018 dans le lac Vauze et dans la portion nord du bassin OX2 étant donné le lien hydrique entre ces derniers et la partie amont du ruisseau Vauze.
- 3 Les données d'occurrences de poissons ont été extrapolées à partir des espèces capturées dans les cours d'eau et étangs de castors adjacents (autres étangs et cours d'eau).
- 4 Les renseignements fournis sur les habitats et les fonctions d'habitats associées sont inférés à partir des photos disponibles pour les sites (photos lors des visites terrain, photos aériennes et photos de secteurs adjacents caractérisés).

Les informations transmises au complément de réponse COMP-135 répondent à la demande du MELCCFP concernant les renseignements requis pour la recevabilité de l'étude d'impact sur l'environnement. Le tableau sommaire présenté dans cette réponse bonifie ces renseignements, et un rapport synthèse présentant le portrait global des pertes d'habitats du poisson et leur qualité est en préparation. Falco s'engage à déposer au MELCCFP ce rapport synthèse dès qu'il sera complété en janvier 2024. Ce rapport détaillera davantage les renseignements demandés dans la question QC3-11 et résumés au tableau REP3-11, notamment les types de milieux impactés, leur qualité et la présence potentielle de zones de fraie pour les espèces de poisson qui y ont été recensées.

QC3-12 En réponse à la question QC-138, l'initiateur a fourni des renseignements quant aux projets de compensation pour les pertes temporaires et permanentes d'habitat du poisson engendrées par le projet, incluant un échéancier de réalisation. Cet échéancier doit être mis à jour et l'initiateur doit planifier une rencontre avec les ministères concernés dès que possible afin de discuter de l'avancement du plan de compensation. L'initiateur doit déposer le plan préliminaire de compensation à jour comprenant les projets qu'il prévoit réaliser.

REP3-12 Le projet présenté de façon préliminaire au complément de réponse COMP-138 soumis en 2022 demeure le principal projet de compensation actuellement visé pour compenser les pertes d'habitats du poisson associées à la réalisation du projet Horne 5. Rappelons que ce projet implique :

- La création d'un bassin d'eau libre au nord des IGRM afin d'en faire un nouvel habitat du poisson. À terme, ce bassin se connecterait au lac Vauze, rehausserait quelque peu son niveau, et représenterait un gain d'habitat d'environ 13,2 ha.
- L'aménagement d'un canal de dérivation pour permettre un écoulement gravitaire des eaux du bassin d'eau libre vers le bassin versant voisin à l'est, ce qui permettrait ultimement de rétablir une connectivité hydrologique et biologique avec la portion du ruisseau Vauze située en aval de l'effluent final actuel du parc à résidus Norbec. Ce canal aurait un écoulement permanent et serait aménagé de façon à être franchissable par le poisson.

La campagne d'investigation et certaines des études complémentaires pour développer le projet de bassin d'eau libre mentionnées au complément de réponse COMP-138 ont été réalisées. D'autres études demeurent toutefois à compléter au cours des prochains mois. Puisque l'ingénierie préliminaire pour la création du bassin d'eau libre au nord des IGRM est complète, ces travaux concernent principalement le développement du concept de canal de dérivation pour permettre un écoulement gravitaire des eaux du bassin d'eau libre vers le bassin versant voisin à l'est.

Le tableau REP3-12 suivant présente une mise à jour de l'échéancier de réalisation des étapes du plan de compensation préliminaire de l'habitat du poisson.

Tableau REP3-12 : Mise à jour de l'échéancier des étapes du plan de compensation préliminaire de l'habitat du poisson

Étape	Période visée
Définition des critères de conception du canal de dérivation	Décembre 2023
Détermination d'options pour la conception du canal de dérivation	Décembre 2023 – Février 2024
Sélection de l'option retenue pour le développement du concept au niveau préfaisabilité	Février 2024 – Mars 2024
Développement du concept de la dérivation au niveau préfaisabilité	Mars 2024
Plan préliminaire de compensation pour la perte d'habitats du poisson	Avril 2024

Une rencontre sera planifiée avec le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) en début d'année 2024 afin de discuter de l'avancement du plan de compensation préliminaire de l'habitat du poisson.

Falco s'engage à présenter le plan de compensation préliminaire à jour comprenant les projets qu'il prévoit réaliser dès qu'il sera complété en avril 2024. De façon similaire, ce plan sera déposé à Pêches et Océans Canada (MPO) qui devra émettre une autorisation pour le projet en vertu des dispositions de la *Loi sur les pêches* relatives à la protection du poisson et de son habitat.

QC3-13 Dans la question QC-140, le MELCCFP demandait à l'initiateur de mettre à jour les données d'inventaires des populations d'originaux en utilisant les données les plus récentes. Or, dans le document complémentaire COMP-140, il est impossible de vérifier si les données de la population de 2002, initialement utilisées par l'initiateur, ont été remplacées par les données de l'inventaire le plus récent, réalisé en 2017.

Le promoteur doit confirmer que les données d'inventaires des populations d'originaux de l'inventaire réalisé en 2017 ont été utilisées pour mettre à jour les renseignements présents dans le document complémentaire COM-140. En cas contraire, l'initiateur doit mettre à jour ces informations en utilisant les données d'inventaires les plus récentes. Il est également à noter que l'utilisation du terme « abattu » est à privilégier au terme « chassé » lors de la présentation de ces résultats.

REP3-13 La réponse REP-140 à la question QC-140 proposait une mise à jour de la présentation de la situation de l'original en Abitibi-Témiscamingue et dans la zone d'étude en se basant sur les données d'inventaire disponibles les plus récentes (celles de 2017).

Falco confirme que les données de l'inventaire des populations d'originaux réalisé en 2017 ont aussi été utilisées pour mettre à jour les renseignements présents dans le complément de réponse COMP-140. Ce complément de réponse visait à corriger l'affirmation « *L'original est omniprésent en Abitibi-Témiscamingue et ses populations sont en croissance, [...]* » de la réponse REP-140. Comme les données de l'inventaire de 2017 présentent une densité d'originaux équivalente à celle de l'inventaire de 2005, les populations auraient plutôt dû être qualifiées de « stables ». Aucune mise à jour de l'information présentée ne s'avère donc nécessaire.

Falco prend également note que l'utilisation du terme « abattu » est à privilégier au terme « chassé » lors de la présentation des résultats.

En considérant les éléments de réponse ci-dessus, la révision finale de la présentation de la situation de l'original à la section 9.3.1.1.3 de l'étude d'impact sur l'environnement est la suivante. Les changements au texte sont mis en évidence en caractères gras.

L'original est omniprésent en Abitibi-Témiscamingue et **ses populations sont stables. Globalement**, l'habitat n'est pas limitant pour l'espèce. Les densités sont cependant relativement faibles, soit entre un et quatre originaux par 10 km² (FAPAQ, 2002). Un inventaire a été réalisé par le MFFP entre le 19 janvier et le 17 février 2017, sur un total de 75 parcelles de 60 km², sélectionnées selon un protocole rigoureux, excluant la réserve faunique La Vérendrye, qui fait l'objet d'une gestion faunique particulière (MFFP, 2018a). Les données recueillies ont permis d'estimer la population hivernale totale d'originaux à plus de 14 000 individus pour une densité de population de 2,6 originaux par 10 km², soit un nombre équivalent à celui estimé au dernier inventaire remontant à l'hiver 2005 (MFFP, 2018a).

L'original habite généralement les forêts mixtes, en particulier les sapinières à bouleau blanc (*Betula papyrifera*) ou à bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) et fréquente les éclaircies, brûlis et coupes forestières, ainsi que les milieux humides. L'hiver, les individus se rassemblent parfois par petits groupes de deux à huit au niveau de ravages (Prescott et Richard, 2004).

L'original est une espèce fortement en demande pour la chasse. En 2017, 2 558 originaux ont été abattus dans l'ensemble de la zone de chasse 13 (MFFP, 2018b), la zone dans laquelle se trouve le projet Horne 5 et, entre 2010 et 2015, huit originaux ont été **abattus** sur le territoire à l'étude. (MFFP, 2016).

RÉFÉRENCES :

- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018a. *Inventaire aérien de l'original – Résultat de l'inventaire aérien de l'original dans la zone de chasse 13*. En ligne : <http://mffp.gouv.qc.ca/faune/statistiques/chasse-piegeage.jsp>. Consulté le 24 mai 2018.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2018b. *Statistiques de chasse et de piégeage*. En ligne : <https://mffp.gouv.qc.ca/2017-09-19-inventaire-aerien-original-resultat/>. Consulté le 25 mai 2018.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2016. *Statistiques de chasse dans la zone d'étude du projet Horne 5*. Courriel transmis par Mme Nancy Binette, agente de liaison de la Direction de la protection de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue. Juillet 2016.

- PRESCOTT, J. et P. RICHARD. 2004. *Mammifères du Québec et de l'est du Canada*. 2e édition. Éditions Michel Quintin, Waterloo, Québec. 399 p.
- SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (FAPAQ). 2002. *Plan de développement régional associé aux ressources fauniques de l'Abitibi-Témiscamingue*. Direction de l'aménagement de la faune de l'Abitibi-Témiscamingue, Rouyn-Noranda. 197 p.

QC3-14 L'initiateur mentionne, en réponse à la question QC-192, que parmi les espèces de l'herpétofaune à statut particulier, la Tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) était susceptible d'être présente dans la région. La Tortue des bois a été observée dans le quartier Évain, situé à Rouyn-Noranda, en 2021. Cette espèce ne semble pas avoir fait l'objet de vérifications par l'initiateur, puisqu'elle n'est pas citée à la liste des espèces ayant été observées. Considérant cette nouvelle observation de la Tortue des bois, une espèce désignée vulnérable au Québec, le MELCCFP considère qu'une attention particulière doit lui être portée. Le promoteur doit détailler les mesures d'atténuation particulière qu'il mettra en place en cas d'indices de présence de la tortue des bois.

REP3-14 Comme mentionné à la section 9.4.1.1.4 de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE), la tortue des bois (*Glyptemys insculpta*) était la principale espèce recherchée dans le cadre des inventaires de tortues effectués aux printemps 2016 et 2017. Aucun individu de cette espèce n'a cependant été recensé au cours de ces activités (section 9.4.1.2.4 de l'ÉIE). Cette espèce a cependant été considérée comme potentiellement présente (tableau 9-31 de l'ÉIE), des habitats a priori propices ayant été observés au cours de ces inventaires. Il est donc inexact d'affirmer que « Cette espèce ne semble pas avoir fait l'objet de vérifications par l'initiateur ».

En raison des habitats propices ayant été observés au cours de ces inventaires et considérant l'observation de la tortue des bois dans le quartier Évain de Rouyn-Noranda en 2021 mentionnée par le ministère, une attention particulière sera portée aux signes de présence potentielle de cette espèce tout au long du projet, notamment durant sa phase de construction.

Plusieurs mesures d'atténuation particulières seront d'ailleurs mises en œuvre au cours des phases de construction et d'exploitation afin de limiter les impacts potentiels du projet sur cette espèce et les autres espèces de tortues potentiellement présentes, comme mentionné à la section 9.4.2 de l'ÉIE. Parmi celles-ci, on trouve notamment les mesures d'atténuation particulières suivantes.

- Éviter de perturber les habitats d'hibernation des tortues et des anoues en s'abstenant de toute intervention dans les cours d'eau d'octobre à avril.
(Note : cette mesure d'atténuation particulière a été reformulée ainsi à la réponse REP 231 afin d'y retirer son aspect conditionnel selon l'échéancier de réalisation du projet).
- Éviter de rendre accessible à la ponte des tortues, des tas de sable et de gravier en juin. Si des sites de ponte potentiels sont identifiés dans ou à proximité des zones de travaux, voir à instaurer des mesures de sensibilisation pour éviter d'écraser les tortues qui s'y rendent pondre en juin.

En complément, la seconde mesure d'atténuation présentée (visant à ne pas rendre accessibles les tas de sables et de gravier) pourrait être complétée comme suit :

- Éviter de rendre [...]. Le cas échéant, recouvrir les tas d'agrégats d'une membrane ou les ceinturer d'une barrière géotextile durant la période de ponte des tortues (de la mi-juin à la mi-juillet) afin d'éviter leur utilisation comme site de ponte.

De plus, il importe de rappeler que, tel que mentionné dans le chapitre 14. Programmes de surveillance et de suivi environnementaux de l'étude d'impact sur l'environnement du projet Horne 5, les programmes de surveillance et de suivi environnementaux conçus pour le projet décriront les moyens et les mécanismes qui seront mis en place pour s'assurer du respect des exigences légales et environnementales. Ces derniers feront partie intégrante des procédures de chantier et seront documentés comme l'ensemble des autres activités de construction et d'exploitation.

La surveillance environnementale consistera notamment à s'assurer que tous les intervenants sur le chantier soient sensibilisés aux préoccupations environnementales et aux mesures de protection du milieu, incluant celles pour les espèces à statut particulier. Une équipe d'inspection expérimentée sera formée afin de surveiller de façon adéquate l'exécution de tous travaux. De concert avec les entrepreneurs, les responsables du chantier et de l'environnement organiseront plusieurs réunions de chantier, qui auront notamment pour but d'informer et de sensibiliser le personnel affecté au chantier des dispositions environnementales et de sécurité qui seront à observer durant toute la période des travaux. Des ressources telles que le *Guide d'identification des espèces fauniques et floristiques en situation précaire du milieu forestier* développé par le Gouvernement du Québec, qui inclut la tortue des bois seront présentées et mises à la disposition de tous, avec les mesures à prendre si cette dernière était identifiée.

QC3-15 En réponse à la question QC-193, l'initiateur a modifié le tableau QC-193-2 *Superficie approximative d'habitats touchés et espèces associées (habitat potentiel)* comme demandé. Toutefois, l'Engoulevent d'Amérique (*Chordeiles minor*) n'a pas été ajouté parmi la liste des espèces des friches et coupes totales telles qu'il était spécifié. L'initiateur doit mettre à jour les informations présentes à ce tableau.

REP3-15 La mise à jour du tableau QC-193-2 dans le complément de réponses aux questions soumis en 2022 (alors nommé tableau COMP 193-1) aurait dû présenter l'engoulevent d'Amérique parmi les espèces associées aux habitats de friches et coupes totales.

Une mise à jour du tableau COMP193-1 est présentée ci-dessous (tableau REP3-15) afin d'inclure cette espèce à la liste des espèces des friches et coupes totales. L'ajout de l'engoulevent d'Amérique à la liste des espèces des friches et coupes totales est mis en évidence en caractère gras.

RÉFÉRENCE :

- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2002. *Projet d'amélioration des infrastructures aéroportuaires de la Ville de Rouyn-Noranda — Rapport d'analyse environnementale*. Dossier 3211-09-012. 18 p.

Tableau REP3-15 : Superficies approximatives d'habitats touchées et espèces associées (habitat préférentiel)

Projet/Espèces	Superficies impactées (ha)					
	Milieux humides	Milieux forestiers matures > 70 ans	Milieux forestiers < 70 ans	Dénudés secs	Friches et coupes totales	Aquatique
Falco	58	53	82	3	2	13
Aéroport	0	0	11,6	0	0	0
Route 117	< 1	0	40	9	6	0
Puits Quemont	< 0,2 (pertes temporaires)	0	1,5	0,8	0,6	0
P.I. Granada	4	0	68	15	37	0
Espèces associées	Couleuvre verte Hibou des marais Quiscale rouilleux Petite chauve-souris brune Chauve-souris nordique Chauve-souris argentée Chauve-souris rousse Chauve-souris cendrée	Couleuvre à collier Paruline du Canada Pygargue à tête blanche Campagnol des rochers Petite chauve-souris brune Chauve-souris nordique Chauve-souris argentée Chauve-souris rousse Chauve-souris cendrée	Couleuvre à collier Engoulement bois-pourri Chauve-souris rousse	Engoulement d'Amérique Engoulement bois-pourri Couleuvre à collier Couleuvre verte	Couleuvre verte Engoulement d'Amérique Engoulement bois-pourri Petite chauve-souris brune Chauve-souris nordique Chauve-souris argentée Chauve-souris rousse Chauve-souris cendrée	Tortue serpentine Pygargue à tête blanche Petite chauve-souris brune Chauve-souris nordique Chauve-souris argentée Chauve-souris rousse Chauve-souris cendrée

Sources : MDDEP (2002) et WSP (données non publiques).

VOLET IMPACTS SOCIAUX

QC3-16 De nombreuses traverses de cours d'eau ayant des structures entretenues par les clubs de quad ou motoneige de Rouyn-Noranda sont visées par l'implantation de conduites. Il est recommandé que l'initiateur les contacte rapidement afin d'éviter qu'ils réalisent des travaux inutilement quelque temps avant ceux du projet Horne 5. Le promoteur doit s'engager à informer régulièrement les clubs de quads et de motoneiges de Rouyn-Noranda de l'avancement, de la nature et de l'échéancier des travaux.

REP3-16 Falco a débuté les discussions avec le Club Quad du Cuivre Rouyn-Noranda (Club Quad) et le Club Motoneigistes Rouyn-Noranda (Club Motoneigistes) en 2019. Une première rencontre, convoquée par Falco en septembre 2019, avait pour but de présenter les tracés proposés pour l'aménagement des conduites du projet Horne 5 et connaître les contraintes et enjeux des différents clubs, s'il y a lieu. Durant cette rencontre, des plans de localisation des conduites de résidus et d'eau de recirculation (requis pour l'exploitation des IGRM) et des conduites requises pour le dénoyage et la mise en valeur (hors du mandat de l'étude d'impact sur l'environnement), ainsi que la configuration générale de l'emprise des conduites ont été présentés au président du Club Quad et au vice-président du Club Motoneigistes. À l'issue de cette première rencontre, quelques modifications ont été apportées aux tracés des conduites afin d'accommoder les besoins des différents clubs. Les représentants des clubs ont exprimé que la venue des travaux d'installation des conduites apporterait des bénéfices pour leurs activités respectives.

En décembre 2019, Falco a convoqué une seconde rencontre concernant les tracés des conduites. Cette fois-ci plusieurs acteurs étaient assis autour de la table, soit le Club Quad (deux représentants), le Club Motoneigistes (deux représentants), la Ville de Rouyn-Noranda (deux représentants), le ministère des Transports et de la Mobilité durable (trois représentants), ainsi que le Club de Golf Noranda (deux représentants). Lors de cette rencontre, Falco a présenté de nouvelles versions des tracés prenant en considération les modifications proposées lors de la rencontre précédente (septembre 2019). Aucune nouvelle modification aux tracés n'a été proposée lors de cette rencontre.

En 2020, trois rencontres individuelles avec les clubs ont eu lieu, soit deux avec le Club Motoneigistes et une avec le Club Quad. À la suite de ces rencontres, Falco a initié, en juillet 2020, une nouvelle rencontre conjointe avec différents acteurs, soit le Club Motoneigistes (deux représentants), le Club Quad (deux représentants), la Ville de Rouyn-Noranda (deux représentants) et le Club de Golf Noranda (deux représentants) afin de s'assurer que les enjeux soulevés avaient été respectés et que les parties étaient satisfaites et acceptaient les tracés des conduites. Ces derniers ont été présentés en détail et les données géospatiales sources des tracés ont été remises à la Ville de Rouyn-Noranda.

En octobre 2020, Falco a transmis par écrit une demande de consentement au Club Quad et au Club Motoneigistes quant à l'acceptabilité du tracé des conduites de dénoyage. Les deux clubs ont accepté le tracé des conduites de dénoyage par une entente écrite. Falco prévoit signer des ententes similaires pour les conduites de résidus et d'eau de recirculation dans le cadre des demandes d'autorisation ministérielles requises au moment opportun.

Outre ces rencontres et ententes, diverses correspondances ont eu lieu entre les clubs et Falco afin de répondre à des interrogations, fournir de l'information supplémentaire ou simplement faire des mises à jour sur l'avancement du projet Horne 5.

Falco s'engage à poursuivre les échanges avec les clubs et autres parties prenantes concernées par l'aménagement des conduites et à les informer de l'avancement, de la nature et de l'échéancier des travaux. Une rencontre de suivi est prévue avec le Club Quad le 13 novembre 2023.

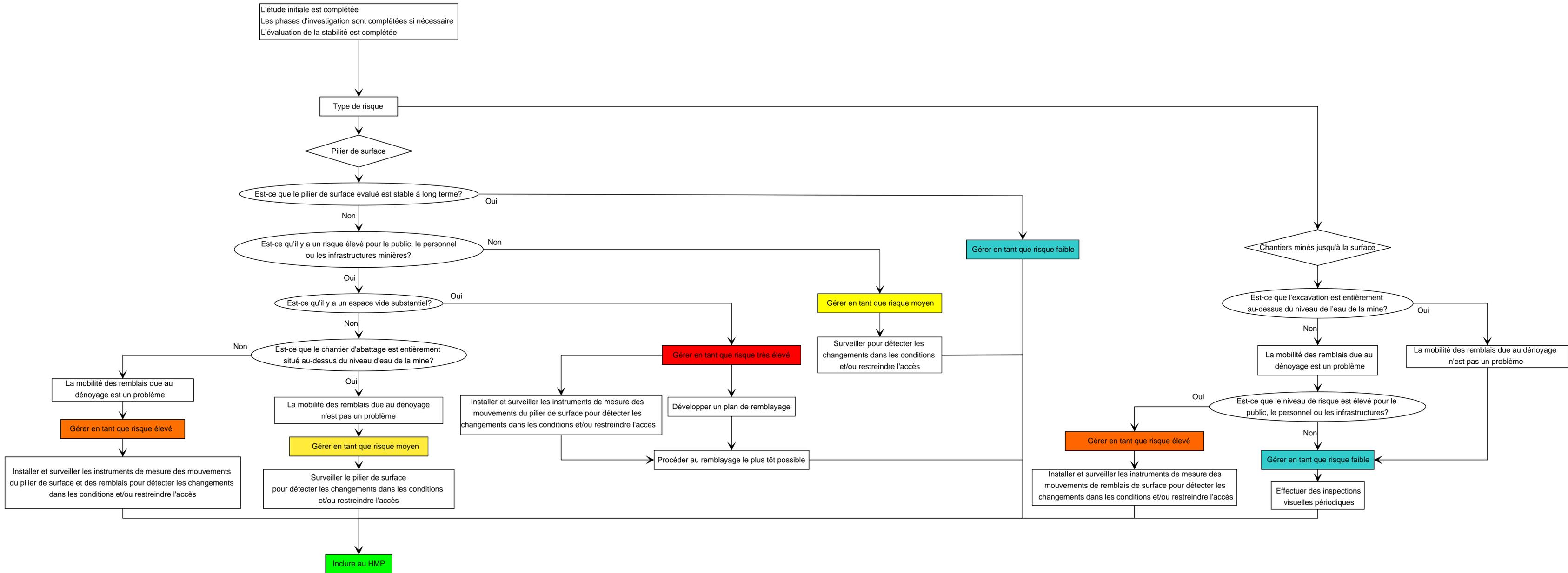
ANNEXE

QC3-1-1

DIAGRAMME D'ÉVALUATION DES
RISQUES AUX PILIERS DE SURFACE



Organigramme décisionnel pour l'évaluation des risques associés aux piliers de surface de la mine Horne



ANNEXE

QC3-1-2

LISTE DES CHANTIERS (ANCIENNE
MINE QUEMONT)



**CHANTIERS DE L'ANCIENNE MINE QUEMONT (NORD) POTENTIELLEMENT
INFLUENCÉS PAR LES ACTIVITÉS DE HORNE 5**

Identification des chantiers	Statut des chantiers	Mesures d'atténuation des risques
QT06/20	Remblayé et stable	Instruments de surveillance
QT07/23/24 North	Remblayé et stable	Instruments de surveillance
QT07/23/24 South	Remblayé et stable	Instruments de surveillance
QT08/10	Remblayé et stable	Instruments de surveillance
QT09	Remblayé et stable	Instruments de surveillance
QT21	Remblayé et stable	Instruments de surveillance
QT22	En cours d'analyse	En cours d'analyse
QT25	Remblayé et stable	Instruments de surveillance
QT27	Remblayé et stable	Instruments de surveillance

ANNEXE

QC3-1-3

LISTE DES CHANTIERS (ANCIENNE
MINE HORNE)



CHANTIERS DE L'ANCIENNE MINE HORNE POTENTIELLEMENT INFLUENCÉS PAR LES ACTIVITÉS DU PROJET HORNE 5

Identification des chantiers	Statut des chantiers	Mesures d'atténuation des risques
1038	Partiellement remblayé et actuellement stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation. Remblai si les conditions changent ou dès que matériel (résidus miniers) est disponible.
1069	Remblayé et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
1130	Remblayé et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
1140/1141	Remblayé et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
2010	Remblayé et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
58-5-42 (HN-B05)	Chantier non remblayé et actuellement stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation. Remblai si les conditions changent ou dès que matériel (résidus miniers) est disponible.
HN-F01-1	Remblayé et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
1007/1150	Excavation à la surface, remblayée et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
G Orebody	Excavation à la surface, remblayée et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
Z5-Z15 OP	Excavation à la surface, remblayée et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
1033	Excavation à la surface, remblayée et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
H Orebody	Excavation à la surface, remblayée et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
1041	Portion Est: Excavation à la surface, remblayée et stable + Portion Ouest : chantier remblayé et stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
59 Stope (1085/1095)	Partiellement remblayé et actuellement stable	Instruments de surveillance en phase de mise en valeur et phase d'exploitation. Zone clôturée.
79 Stope (1092-N)	Partiellement remblayé et actuellement stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation. Remblai si les conditions changent ou dès que le matériel (résidus miniers) est disponible.

55-11-21 Stope (1010)	Partiellement remblayé, totalement dénoyé et actuellement stable	Instruments de surveillance pour la phase de mise en valeur et la phase d'exploitation.
55-7-11 Stope (1012)	Partiellement remblayé, totalement dénoyé et actuellement stable	Instruments de surveillance en phase de mise en valeur et phase d'exploitation. Zone clôturée.
317 Stope (1191/HN-D14)	Partiellement remblayé, totalement dénoyé et actuellement stable	Instruments de surveillance en phase de mise en valeur et phase d'exploitation. Zone clôturée.

ANNEXE

QC3-1-4

CARTE DE LOCALISATION DES
CHANTIERS (ANCIENNES MINES
QUEMONT ET HORNE)



LEGENDE

- CHANTIERS OUVERTS À LA SURFACE
- CHANTIERS SOUTERRAINS



ECHELLE

CHANTIERS INFLUENCÉS PAR LES ACTIVITÉS DU PROJET HORNE 5

ANNEXE

QC3-1-5

CARTE DE L'EMPLACEMENT DES
INSTRUMENTS DE SURVEILLANCE



LEGEND

GEOTECHNICAL INSTRUMENTS

- BACKFILL MONITORING SYSTEM
- MPBX
- TURBIDITY PROBE
- VWP

ENVIRONMENTAL INSTRUMENTS

- MULTIPARAMETER
- VWP



FALCO RESOURCES

DRAWN: W. DORN
 DATE: 2021-09-14
 PROJECTION: UTM CSRS.NAD-83 ZONE 17N
 SCALE

GLOBAL INSTRUMENTATION PROGRAM

ANNEXE

QC3-2-1

NOTE TECHNIQUE – MODÉLISATION
DU HCN



NOTE TECHNIQUE

À : Hélène Cartier (Ressources Falco Ltée.)

DE : Julien Poirier (WSP)

OBJET : QC3-2-1 - Modélisation de la dispersion atmosphérique du cyanure d'hydrogène – Projet Horne 5 – Falco Ressources

DATE : 15 décembre 2023

MISE EN CONTEXTE

Dans le contexte de l'évaluation environnementale du projet Horne 5 de Ressources Falco Ltée (Falco), une étude de la dispersion atmosphérique a été déposée au MELCCFP dont la plus récente version correspond à la Révision 3 (WSP, 2023).

À la suite du dépôt de ce rapport de modélisation, le MELCCFP a déposé une troisième série de questions et commentaires (MELCCFP, 2023b) et, à la question QC3-2, le MELCCFP identifie le cyanure comme étant un composé susceptible d'être émis par le projet. La présente note technique expose donc une analyse de ces émissions potentielles et de leur modélisation dans l'atmosphère, et ce, en vue de vérifier leur conformité avec les normes et critères de qualité de l'atmosphère.

NORMES ET CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

Selon le document des *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère* [NCQQA] (MELCCFP, 2023a), il existe des critères pour le cyanure d'hydrogène (HCN), et ce, pour les périodes 4 minutes et 1 an. Ceux-ci sont présentés au tableau 1.

Tableau 1 : Concentrations initiales et seuils applicables pour le HCN

Substance	CAS	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m ³)	Type de seuil	Concentration initiale NCQQA V8 (µg/m ³)
Cyanure d'hydrogène (en CN)	74-90-8	4 minutes	1er maximum	50	Critère	0
		1 an	1er maximum	0,16	Critère	0

MÉTHODE DE MODÉLISATION

La méthode de modélisation générale employée pour obtenir les résultats présentés dans cette note technique est la même que celle décrite à la section 6 du rapport de modélisation Révision 3. C'est-à-dire que le modèle¹, les options, les données météorologiques, les récepteurs et la topographie, etc. qui ont été considérés sont exactement les mêmes. La seule distinction réside dans les sources considérées et les composés émis.

CARACTÉRISATION DES SOURCES D'ÉMISSION ET MODÉLISATION

Dans la question QC3-2, le MELCCFP réfère à un document du *National Pollutant Inventory* [NPI] (DSEWPaC, 2006) qui propose des méthodes d'estimation des émissions de cyanure pour l'industrie du traitement du minerai d'or. Ces méthodes reposent entre autres sur des bilans de masses ou des équations empiriques. Néanmoins, le document note à la section 6.2 que

¹ La version du modèle AERMOD a néanmoins été ajustée pour une version plus récente, soit la version 22112. Le changement de version n'impact généralement pas les résultats de modélisation de façon significative.



le cycle du cyanure est dépendant de plusieurs facteurs spécifiques au site rendant l'application de facteur d'émission générique peu fiable.

Dans ce contexte, Falco a fait préparer une analyse spécifique au projet par BQE Water (BQE), une firme de consultants spécialisés en optimisation de procédé de lixiviation de l'or et en destruction du cyanure. Cette analyse est présentée sous la forme d'un *Memorandum* et de son *Addendum* à l'annexe A. En particulier, cette analyse présente une discussion à propos des méthodes de calcul du NPI et propose également une caractérisation des émissions de HCN spécifique au projet pour chacun des deux sites du projet, soit le site du CMH5 et le site des IGRM.

SITE DU CMH5

Pour le site du CMH5, la section 4.2 du *Memorandum* identifie les réservoirs de lixiviation par cyanuration comme étant des sources de HCN. Ces réservoirs consistent en quatre réservoirs pour le circuit de concentré de pyrite et quatre réservoirs pour le circuit des résidus de flottation. Ceux-ci sont situés à l'extérieur de l'usine de traitement de minerai et sont soumis aux conditions climatiques extérieures. Ces réservoirs ont été identifiés par l'ingénierie de Falco comme étant les plus susceptibles de présenter les émissions principales de HCN. La carte 1 présente la localisation de ces réservoirs.

L'analyse de BQE identifie deux mécanismes principaux pour quantifier les émissions de HCN, soit la volatilisation du HCN à la surface et l'aération des réservoirs. Pour la portion volatilisation, la quantification des émissions dépendent des conditions propres au procédé (pH, concentration, température du liquide, agitation, etc.) et des conditions atmosphériques (température, pression, vitesse des vents, etc.). En particulier, les émissions par volatilisation ont été estimées pour différentes vitesses de vents et une augmentation des émissions en fonction de la vitesse a alors été identifiée. Pour la portion d'aération, la quantification des émissions dépend des conditions propres au procédé et ne dépend pas des conditions atmosphériques. Pour les besoins de la présente modélisation, les taux d'émissions maximales estimés à 15 m/s ont été retenus (voir Table 1 de l'*Addendum*). Néanmoins, selon l'analyse de BQE, l'aération constitue le mécanisme dominant d'émission et la variation des émissions de volatilisation sous les vitesses de vent devient alors négligeable.

Enfin, pour chacun des circuits, l'analyse de BQE s'est concentrée sur le réservoir présentant les taux d'émission maximums. Ces taux ont alors été appliqués à chacun des réservoirs du circuit.

Pour la modélisation, une source surfacique, correspondant à la surface du liquide, a été considérée pour chacun des réservoirs. Les caractéristiques physiques des sources sont données au tableau 2, tandis que les taux d'émission sont donnés au tableau 3.

Les résultats de la modélisation de ces sources sont présentés aux tableaux 4 et 5. À la limite d'application des normes et critères, les concentrations maximales modélisées respectent les critères et représentent 10 % et 27 % de chacun des critères. Aux récepteurs sensibles, les concentrations maximales modélisées sont également très faibles et représentent 3 % de chacun des critères. En raison des faibles concentrations modélisées, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

SITE DES IGRM

Pour le site des IGRM, la section 4.3 du *Memorandum* identifie deux types de surfaces qui présenteront des émissions différentes : les surfaces avec accumulation de liquide et les surfaces à faible humidité.

Des taux d'émission ont été estimés par BQE pour les surfaces avec accumulation de liquide, tandis que pour les surfaces à faible humidité, qui représentent la majorité de la surface du parc à résidu, les taux d'émission n'ont pu être estimés. Néanmoins, BQE soutient que leur émission serait significativement plus faible. Dans le contexte où les taux d'émission ne sont pas connus pour toutes les surfaces, une modélisation de la dispersion atmosphérique de ce site n'a pu être réalisée. Toutefois, une quantification des émissions avant modélisation par rapport aux critères de qualité de l'air a tout de même été réalisée, et ce, dans le but d'évaluer la nécessité de modéliser ces sources.

Surfaces liquides (« Quiescent Liquid Surface »)

Pour les surfaces liquides, les émissions ont été estimées par la même méthodologie que pour les réservoirs de lixiviation. Un taux d'émission surfacique de HCN de $4,08E-08$ g/s.m² a été estimé pour la vitesse moyenne annuelle du vent de 3,36 m/s. Ce taux surfacique est d'un à deux ordres de grandeur plus faible que celui estimé pour les réservoirs de lixiviation, ce qui justifie une investigation plus approfondie afin de motiver le besoin de modéliser.

Afin de quantifier ces émissions surfaciques à la source (avant dispersion) par rapport aux critères de qualité de l'air, une estimation des concentrations volumiques à la surface de la source a été calculée par BQE. Ainsi, BQE présente à la figure 4-3 une évaluation de la concentration de HCN dans l'air au-dessus de ces surfaces liquides en fonction des vitesses de vents. D'abord, par rapport au critère 4 minutes (ligne horizontale bleue), les concentrations de HCN dans l'air directement au-dessus des surfaces seraient bien en deçà de la valeur limite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et ce, pour toutes les conditions de vents. En ce qui concerne la comparaison par rapport au critère annuel (ligne horizontale rouge), les concentrations estimées sont inférieures à la valeur limite à moins de 1 m au-dessus de la surface, et ce, peu importe la vitesse du vent considérée. Or, pour comparer adéquatement ces concentrations estimées dans l'air à la source avec le critère annuel, il faudrait, entre autres, tenir compte des fréquences d'occurrences annuelles pour chacune des vitesses de vents. Par exemple, les vents de vitesse inférieure ou égale à 1 m/s ne représentent que 3 % des événements annuels. À titre indicatif, les concentrations de HCN dans l'air presque immédiatement au-dessus des surfaces seraient en deçà de la valeur limite de $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la vitesse moyenne annuelle de 3,36 m/s qui a été évaluée par BQE. Dans ce contexte, il est jugé qu'il n'est pas requis de modéliser ces sources puisque les concentrations à la source respectent déjà les critères de qualité de l'air.

Surfaces à faible humidité (« Tailings Area with Low Moisture Content »)

Pour les surfaces à faible humidité, en revanche, il est indiqué que la caractérisation des émissions est beaucoup plus complexe et que la même méthodologie ne peut être appliquée directement. Aucun taux d'émission n'est alors caractérisé par BQE et une approche par bilan de masse est plutôt proposée. Néanmoins, il est indiqué que les taux d'émission surfacique de ces surfaces seraient significativement plus faibles que pour les surfaces liquides, lesquelles sont déjà faibles et présenteraient des concentrations à la source respectant déjà les critères de qualité de l'air. Dans ce contexte, il est également jugé qu'il n'est pas requis de modéliser ces sources.

CONCLUSION

Afin de vérifier la conformité des émissions de cyanure du projet Horne 5, Falco a fait préparer une analyse spécifique au projet par une firme de consultants spécialisés, BQE Water. Cette analyse a permis de caractériser des taux d'émissions de HCN pour les deux sites du projet. L'analyse des résultats et la modélisation de la dispersion atmosphérique utilisant les taux d'émissions estimés confirment la conformité des émissions de HCN au CMH5 et aux IGRM.

Spécifiquement au CMH5, les concentrations maximales modélisées sont faibles et ne représentent que 3 % des critères de qualité de l'air aux premiers récepteurs sensibles.

Pour le secteur des IGRM, les résultats estimés indiquent que les concentrations ambiantes près des surfaces seraient déjà inférieures aux critères de qualité de l'air. Dans ce contexte, il est jugé qu'il n'est pas requis de modéliser ces sources puisque les concentrations à la source respectent déjà les critères de qualité de l'air.



PRÉPARÉ PAR

Julien Poirier

Julien Poirier, ing., M. Sc.

OIQ 5031699

Coordonnateur et directeur de projets en qualité de l'air

JP/nl



RÉFÉRENCES

AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF SUSTAINABILITY, ENVIRONMENT, WATER, POPULATION AND COMMUNITIES (DSEWPaC). 2006. *National Pollutant Inventory (NPI) - Emission Estimation Technique Manual for Gold Ore Processing*. Version 2.0.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP). 2023a. *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère*. Québec. Direction de la qualité de l'air et du climat. Version 8.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCFP). 2023b. *Troisième série de questions et commentaires pour le projet minier Horne 5 sur le territoire de la ville de Rouyn-Noranda par Ressources Falco Ltée*.

WSP. 2023. *Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Québec. Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique - Révision 3. Rapport No : 151-11330-09-240-RPT-001*. Trois-Rivières, Québec. Rapport produit pour Ressources Falco Ltée.

Tableau 2 : Caractéristiques physiques des sources de HCN au site du CMH5

Identifiant	Identifiant	Description	Surface (m ²)	Élévation de la base (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Z (m)
tpyrc1	630-TNK-354	Réservoir concentré de pyrite #1	254.5	291.0	19.6	0
tpyrc2	630-TNK-355	Réservoir concentré de pyrite #2	254.5	291.0	18.6	0
tpyrc3	630-TNK-356	Réservoir concentré de pyrite #3	254.5	291.0	18.4	0
tpyrc4	630-TNK-357	Réservoir concentré de pyrite #4	254.5	291.0	17.8	0
ttail1	630-TNK-452	Réservoir résidus de flottation #1	124.7	291.0	15.5	0
ttail2	630-TNK-453	Réservoir résidus de flottation #2	124.7	291.0	15.0	0
ttail3	630-TNK-454	Réservoir résidus de flottation #3	124.7	291.0	14.4	0
ttail4	630-TNK-455	Réservoir résidus de flottation #4	124.7	291.0	14.0	0

Tableau 3 : Taux d'émission des sources de HCN au site du CMH5

Identifiant	Identifiant	Taux d'émission de HCN		Taux d'émission de HCN (en CN) ^[1]	
		(g/s)	(g/s.m ²)	(g/s)	(g/s.m ²)
tpyrc1	630-TNK-354	1.16E-03	4.54E-06	1.11E-03	4.37E-06
tpyrc2	630-TNK-355	1.16E-03	4.54E-06	1.11E-03	4.37E-06
tpyrc3	630-TNK-356	1.16E-03	4.54E-06	1.11E-03	4.37E-06
tpyrc4	630-TNK-357	1.16E-03	4.54E-06	1.11E-03	4.37E-06
ttail1	630-TNK-452	1.95E-04	1.56E-06	1.87E-04	1.50E-06
ttail2	630-TNK-453	1.95E-04	1.56E-06	1.87E-04	1.50E-06
ttail3	630-TNK-454	1.95E-04	1.56E-06	1.87E-04	1.50E-06
ttail4	630-TNK-455	1.95E-04	1.56E-06	1.87E-04	1.50E-06

[1] : Les émissions de HCN sont données en équivalent CN pour fins de comparaison avec le critère de qualité de l'air.

Tableau 4 : Résultats de modélisation pour le HCN au domaine d'application

Description du critère							Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères (µg/m³)					Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)	
Substance	Acronyme, formule chimique ou # CAS	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Maximum par année de l'échantillon météorologique								Maximum
							A1	A2	A3	A4	A5				
Cyanure d'hydrogène	HCN	Critère	4 minutes	1er maximum	50	0	5.2	2.4	2.3	3.1	3.4	5.2	5.2	100	10
			1 an	1er maximum	0.16	0	0.031	0.033	0.032	0.043	0.032	0.043	0.043	100	27

Tableau 5 : Résultats de modélisation pour le HCN aux récepteurs sensibles

Description du critère							Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles (µg/m³)					Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)	
Substance	Acronyme, formule chimique ou # CAS	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Maximum par catégorie								Maximum
							Établissement d'enseignement	Établissement de soin	Résidences sud	Résidences sud-ouest	Résidences nord-ouest				
Cyanure d'hydrogène	HCN	Critère	4 minutes	1er maximum	50	0	0.8	0.8	1.2	0.9	1.5	1.5	1.5	100	3
			1 an	1er maximum	0.16	0	0.002	0.003	0.004	0.002	0.005	0.005	0.005	100	3



— Limite d'application des normes et critères
 Limite de propriété
Source surfacique
 Réservoir de concentré de pyrite
 Réservoir de résidus de flottation

FALCO RESOURCES

 Modélisation de la dispersion atmosphérique
 Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Qc

Site du CMH5 - Scénario d'exploitation
Sources d'émissions de HCN

Source : Image Falco

Échelle : 1 : 2 500
 0 25 50 m
 UTM, fuseau 17, NAD83

Novembre 2023

Carte 1



ANNEXE

A NOTE
TECHNIQUE DE
BQE WATER

MÉMORANDUM

Client : Ressources Falco Ltée

Projet : Projet – Horne 5

Objet : Étude d'ingénierie concernant les émissions de gaz HCN provenant des réservoirs de lixiviation pour le projet Horne 5 de Ressources Falco Ltée-Rev 1 **Date :** 1er novembre 2023

Destinataire : Hélène Cartier, Christian Laroche, Annie Beaulieu

c. c. : Julien Poirier

1 Sommaire

En nous appuyant sur la vaste expertise de BQE Water en matière d'optimisation de procédés de lixiviation de l'or, de destruction du CN ainsi que de conception et d'exploitation de procédés SART (sulfuration, acidification, recyclage et épaissement), nous avons utilisé une approche de principes fondamentaux pour estimer les taux d'émission de cyanure d'hydrogène (HCN) provenant de divers réservoirs ouverts contenant du HCN dans le cadre du projet Horne 5 de Ressources Falco Ltée (Falco).

Notre méthodologie s'appuie sur des relations et des valeurs de référence publiées en génie chimique, telle que la constante d'Henry pour le HCN. Cette approche permet au modèle de prendre en compte les paramètres spécifiques au site. Ces paramètres comprennent, sans s'y limiter, l'altitude, la température ambiante, la puissance d'agitation du réservoir de lixiviation, le volume d'aération, le pH et la concentration de NaCN. Cette méthode contraste de manière significative avec d'autres approches qui s'appuient sur des équations empiriques dérivées d'une seule opération, souvent avec des données non divulguées ou non vérifiées.

L'objectif principal de ce mémorandum est d'offrir un résumé complet de la méthodologie appliquée pour estimer les émissions potentielles de HCN provenant des réservoirs de lixiviation par cyanuration et des installations de gestion des résidus miniers (IGRM). Ce résumé constitue une référence essentielle pour Falco dans ses efforts d'obtention de permis. Un résumé des taux d'émission unitaires, résultant de cette analyse, est fourni dans les sections suivantes.

Tableau 1 **Sommaire du taux d'émission de HCN pour le projet Horne 5 de Ressources Falco Ltée**

Identifiant	Unités	Taux d'émission de HCN
Réservoir de concentré de pyrite (630-TNK-354)	mg/s, par réservoir	1.160
Réservoir de résidus de flottation (630-TNK-452)	mg/s, par réservoir	0.194
Installations de gestion des résidus miniers, eau de surface	mg/m ² /s	0.0000409

2 Contexte du projet et objectifs

Le projet Horne 5 de Falco, actuellement en processus d'obtention de permis, implique l'utilisation de réservoirs ouverts extérieurs de lixiviation par cyanuration employés pour l'extraction minière. Un élément essentiel du processus d'autorisation est l'estimation précise et le contrôle des dégagements de HCN provenant des réservoirs de lixiviation et des IGRM. Toute émission de HCN constitue une préoccupation environnementale importante et est par conséquent soumise à des normes réglementaires rigoureuses. Au Québec, après l'application des modèles de dispersion dans l'air, les limites établies sont de 50 µg/m³ pour l'exposition à court terme (sur une période de 4 minutes) et de 0,16 µg/m³ sur une base annuelle. Une estimation fiable des émissions de HCN est donc non seulement un impératif environnemental, mais aussi une condition réglementaire préalable à l'obtention de l'autorisation du projet.

BQE Water a été engagé par Falco afin de les assister dans le processus d'estimation des émissions de HCN. Mettant de l'avant notre expérience étendue quant aux projets relatifs à l'or et au SART ainsi que notre expertise en matière de gestion de l'eau à l'échelle du site, BQE Water est bien positionné pour fournir des estimations fiables d'émission de HCN. Ceci inclut les émissions provenant des réservoirs de lixiviation par cyanuration ainsi que les émissions potentielles provenant des IGRM.

L'objectif de ce mémo est de servir à Falco comme référence pour l'obtention des permis, fournissant un sommaire de la méthodologie, des calculs et des résultats de l'étude d'émission du HCN provenant des réservoirs de lixiviation par cyanuration et des IGRM.

3 Cyanure d'hydrogène, principes fondamentaux des milieux aqueux et gazeux

Le cyanure, en particulier le cyanure de sodium (NaCN), est un réactif essentiel de l'industrie minière aurifère, principalement utilisé pour l'extraction de l'or par le processus de cyanuration. Si l'utilisation du cyanure permet une récupération efficace et rentable de l'or, elle s'accompagne d'un ensemble de défis environnementaux et de sécurité qui ne peuvent être ignorés :

- Le cyanure est un réactif réglementé, soumis à une multitude de réglementations internationales, fédérales et locales. Ces réglementations imposent des contrôles stricts sur sa production, son transport, son utilisation et son élimination.
- Les composés de cyanure, comme le gaz HCN, présentent une toxicité aiguë pour l'humain et la vie aquatique. L'exposition peut entraîner des effets nocifs sur la santé, ce qui fait de son contrôle un impératif du point de vue de la santé et de la sécurité au travail (Jones, 2015).
- Les limites de rejet du cyanure dans l'environnement sont rigoureusement définies. Dans de nombreuses juridictions, les niveaux autorisés de cyanure libre dans les effluents sont aussi bas que 0,05 mg/L. Le dégagement de HCN dans l'atmosphère est également réglementé, avec des normes strictes de qualité de l'air en place pour protéger la santé humaine et l'environnement (Williams, 2019). L'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) aux États-Unis a établi des limites d'exposition admissibles et des lignes directrices pour garantir la sécurité des travailleurs susceptibles d'être exposés au HCN sur leur lieu de travail :
 - Moyenne pondérée dans le temps (MPT) : La limite d'exposition autorisée pour le HCN est de 10 ppm (parties par million) pour une MPT de 8 heures.
 - Limite d'exposition à court terme (LECT) : L'OSHA ne fixe pas de LECT pour le HCN. Cependant, d'autres organismes tels que le NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) recommandent une LECT de 4,7 ppm pour une période d'exposition de 15 minutes.

Compte tenu de ce qui précède, le calcul approprié et le contrôle des dégagements de HCN provenant des opérations de lixiviation et des IGRM ne sont pas seulement des défis techniques, mais également des obligations légales. Dans

les prochaines sections, nous allons présenter les théories et les méthodologies fondamentales pour mieux comprendre l'estimation des émissions de HCN.

3.1 Équilibre aqueux du cyanure d'hydrogène

Le cyanure est couramment utilisé sous forme de cyanure de sodium solide (NaCN), qui présente une grande solubilité, se désintégrant en ions de cyanure libres (CN⁻) lors de sa dissolution dans l'eau. Ces ions de cyanure subissent une nouvelle hydrolyse, générant des molécules de cyanure d'hydrogène (HCN) et des ions d'hydroxyle (OH⁻). La constante de dissociation du HCN, exprimée par son exposant logarithmique (pKa), est largement citée comme étant de 9,21 à une température de 25 °C (Estay, 2012), ce qui signifie que l'équilibre aqueux entre le CN⁻ et le HCN est nominale à un pH de 9,21 et que toute variation vers le haut ou vers le bas affectera les concentrations relatives. En particulier, les valeurs de pH excédant le pKa (pH>9,21) favorisent la formation d'anions de cyanure (CN⁻) alors qu'un pH plus bas favorise la formation de cyanure d'hydrogène (HCN). Cette interrelation peut être représentée quantitativement par les équations suivantes :

$$pKa = pH + \log_{10} \frac{[HCN]}{[CN^-]} \quad \text{Eq.1}$$

$$C_{free} = [HCN]_{(aq)} + [CN^-]_{(aq)} \quad \text{Eq.2}$$

Il convient de noter que le terme « cyanure libre » (C_{free}) comprend le cyanure d'hydrogène (HCN) et les anions de cyanure libres (CN⁻) présents dans la solution aqueuse. Cette distinction est cruciale pour des mesures et des rapports précis. En outre, il est important de mentionner que la valeur pKa du HCN dépend de la température. Les variations de la constante de dissociation à différentes températures sont bien documentées dans les manuels de chimie standard.

La compréhension de l'équilibre aqueux du cyanure d'hydrogène (HCN) est essentielle pour cette étude. Dans la phase aqueuse, les molécules de HCN sont considérées comme étant à l'état dissous. Ce n'est que lorsque ces molécules transfèrent de la phase aqueuse à la phase gazeuse que l'on parle de cyanure d'hydrogène gazeux. Cette distinction est essentielle pour une quantification et une modélisation précise des émissions de HCN.

3.2 Équilibre liquide-gazeux du cyanure d'hydrogène

L'équilibre de la volatilisation du HCN à l'interface liquide-gaz (ou de la dissolution de la phase gazeuse à la phase liquide) est régi par la loi d'Henry. En général, la loi d'Henry est applicable aux solutions diluées, généralement définies comme étant inférieures à 1 % mol de soluté/mol de solvant, ce qui correspond à environ 10 kg/m³ de HCN. Dans le contexte de cette étude, le lixiviant CN utilisé lors du processus de lixiviation peut être désigné comme une solution diluée. La loi d'Henry établit la relation de concentration entre un soluté en phase liquide et sa concentration d'équilibre correspondante en phase gazeuse. Cette relation est quantifiée par la constante d'Henry, qui représente le rapport entre les concentrations dans les deux phases. Il existe de nombreuses formes de constantes d'Henry, en fonction des unités utilisées pour le soluté. La relation utilisée dans cette étude est la suivante :

$$H^{cp} = C_a / P_a \quad \text{Eq.3}$$

Où,

- H^{cp} a une unité de mol/m³/Pa.
- C_a est la concentration du soluté dans la phase liquide, en mol/m³.
- P_a est la pression partielle du soluté dans la phase gazeuse, en pa.

La constante d'Henry dépend intrinsèquement de la température et les valeurs spécifiques pour le cyanure d'hydrogène (HCN) peuvent être calculées à l'aide de constantes provenant de manuels de chimie reconnus (Sander, 2014). Ces calculs donnent lieu à une série de valeurs, lesquelles sont présentées ci-dessous à titre de référence. Il est important de noter que des températures plus élevées facilitent généralement la volatilisation du HCN. Étant donné que l'objectif de ce rapport est de fournir une estimation des émissions de HCN, il est prudent d'utiliser l'extrémité inférieure de la fourchette de H^{cp} pour les calculs. Cette approche donnera une estimation plus prudente des taux d'émission de HCN, s'alignant sur les meilleures pratiques en matière de gestion des risques environnementaux.

Tableau 3-1 Valeur de référence du H^{cp} pour le HCN en fonction de la température

HCN, H^{cp} , mol/m ³ /pa		
Température (°C)	Minimum	Maximum
0	0.348	0.510
5	0.250	0.367
10	0.182	0.267
15	0.134	0.197
20	0.100	0.146
25	0.075	0.110
30	0.057	0.083
35	0.044	0.064
40	0.034	0.049

3.3 Théories du transfert de masse liquide-gazeux appliquées

Le transfert de masse liquide-gazeux se distingue de la loi d'Henry en ce qu'il décrit la cinétique du mécanisme d'interphase, alors que la loi d'Henry se concentre sur les conditions d'équilibre dans la phase volumique, en particulier pour les systèmes dilués. Le processus de transfert de masse à l'interface est intrinsèquement plus complexe en raison de la résistance au transfert de masse dans chaque phase, ce qui entraîne des gradients de concentration. Ces gradients sont encapsulés dans des couches limites dans chaque phase respective et sont régis par la diffusivité du solvant dans cette phase. Afin d'illustrer ces principes, la théorie du transfert de masse du double film fournit une représentation simplifiée, comme montré à la figure suivante :

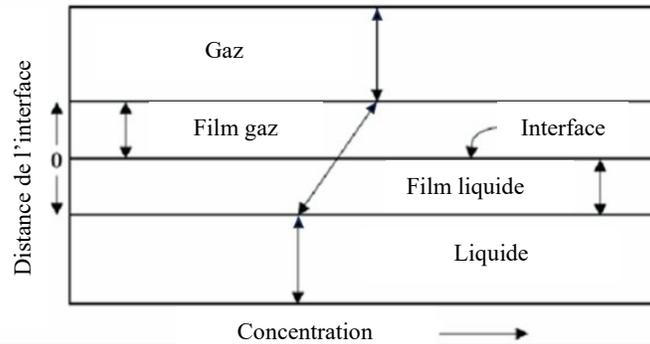


Figure 3-1 Illustration de la théorie du double film pour le transfert de masse à l'interface

Le taux de transfert de masse, qu'il soit exprimé en termes de masse ou de masse molaire, est principalement régi par deux facteurs : le gradient de concentration et le coefficient de masse de transfert spécifique à chaque phase, comme décrit dans les équations 4 et 5 ci-dessous. La force motrice de cette concentration est généralement calculée en utilisant la moyenne logarithmique (parfois la moyenne arithmétique), qui incorpore à la fois les concentrations globales et les concentrations de pseudo-équilibre pour une phase donnée. Ces concentrations peuvent, à leur tour, être dérivées de la constante d'Henry. Le taux de transfert de masse global pour cette phase peut être estimé en utilisant un modèle de transfert de masse par résistances en série, comme représenté aux équations 6 et 7.

$$N_{HCN} = k_L \Delta C_{ml}^L \quad \text{Eq.4}$$

$$N_{HCN} = k_g \Delta C_{ml}^G \quad \text{Eq.5}$$

$$\frac{1}{k_{OL}} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{m_{HCN} k_G} \quad \text{Eq.6}$$

$$\frac{1}{k_{OG}} = \frac{m_{HCN}}{k_L} + \frac{1}{k_G} \quad \text{Eq.7}$$

Où,

- N_{HCN} peut être exprimé en mol/m²/h, ou en g/m²/h.
- k_L et k_G sont des coefficients de transfert de masse locaux et k_{OL} et k_{OG} sont les coefficients de transfert de masse global pour chaque phase respective.
- m_{HCN} est le ratio de concentration à travers la phase, lequel peut être extrapolé de la constante d'Henry.
- ΔC est le gradient de concentration des phases respectives.

La théorie du double film est un modèle fondamental qui simplifie et conceptualise le problème du transfert de masse. Pour appliquer ce modèle plus précisément à la tâche spécifique de la modélisation des émissions de gaz HCN provenant des réservoirs lixiviation de l'or, plusieurs simplifications et corrélations peuvent être introduites, comme décrites dans les sections suivantes.

Modèle de transfert de masse, phase liquide – Réservoirs avec agitation

Il existe dans la littérature toute une série de corrélations permettant d'évaluer le coefficient de transfert de masse local, chacune correspondant à des géométries et à des conditions spécifiques du système. Bien qu'un examen complet de tous ces modèles dépasse la portée du présent rapport, les lecteurs intéressés peuvent se référer à des

Traduction non officielle du contenu du document original anglais

ressources telles que le Chemical Engineers' Handbook de Perry pour de plus amples informations. Notamment, Cussler (1984, 2009) fournit une corrélation de transfert de masse spécifiquement adaptée aux systèmes agités, telle qu'utilisée dans les réservoirs de lixiviation. Cette corrélation est élaborée ci-dessous :

$$k_L N_{Sc}^{2/3} = 0.13 \left[\frac{\left(\frac{P}{V_{\text{tank}}} \right) \mu_c}{\rho_c^2} \right]^{1/4} \quad \text{Eq.8}$$

$$N_{Sc} = \frac{\mu_p}{\rho_p D_{HCN-P}} \quad \text{Eq.9}$$

Où,

- P/V_{tank} représente la densité de puissance, en W/m^3 , P est la puissance d'agitation et V_{tank} est le volume liquide à l'état stable.
- μ et ρ sont la viscosité et la densité de la phase.
- D est la diffusivité d'une composante dans une phase, aussi connue comme le coefficient de diffusivité ou de diffusion.

La corrélation incorpore un facteur de densité de puissance qui, conformément à nos observations empiriques, influence directement le coefficient de transfert de masse. Dans le contexte d'un réservoir d'agitation, la force d'agitation est intrinsèquement liée à la conception de la roue et de la cuve, influençant toutes les deux considérablement les taux de transfert de masse. L'agitation sert à améliorer le transfert de masse dans la phase liquide en élevant le taux de transfert de masse local dans la couche limite du liquide. Il est important de noter que la corrélation s'aligne bien avec les données expérimentales présentées par Estay (Estay, 2013, 2011).

Modèle de transfert de masse, phase gazeuse – plaque plane

Les modèles de plaque plane sont essentiels pour élucider les mécanismes de transfert de masse en phase gazeuse, tout particulièrement dans le contexte d'installations de traitement de l'or utilisant des réservoirs de lixiviation et des IGRM. L'utilité de ces modèles dépend de divers paramètres opérationnels, notamment du débit d'air qui, à son tour, influence le nombre de Reynolds. Les variations du nombre de Reynolds nécessitent l'adoption de différents modèles de transfert de masse pour capturer avec précision la dynamique du système. Pour les scénarios impliquant des conditions d'écoulement laminaire de l'air au-dessus des réservoirs de lixiviation et des IGRM, les corrélations de transfert de masse pertinentes sont détaillées dans les sections suivantes (Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th, 5-59).

$$N_{Sh} = 0.646 (N_{Re}^2)^{\frac{1}{2}} (N_{Sc}^3)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Eq.10}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho_p v_p L_p}{\mu_p} \quad \text{Eq.11}$$

$$N_{Sh} = \frac{L_p k_p}{D_{HCN-P}} \quad \text{Eq.12}$$

Où,

- L_p est la longueur caractéristique de la plaque plane. Pour le réservoir de lixiviation, il s'agit du diamètre de surface du liquide.
- Le modèle laminaire est considéré comme s'adaptant mieux à $N_{sc} > 0,6$ et $N_{RE} < 30\ 000$.

Pour les conditions avec $N_{RE} > 30\ 000$, le modèle turbulent peut être utilisé, tel que présenté ci-dessous.

$$N_{Sh} = 0.037(N_{Re}^{\frac{4}{5}} - 15500)N_{Sc}^{\frac{1}{3}} \quad \text{Eq.13}$$

Ces corrélations de plaque plane ont été utilisées dans cette étude pour décrire la phase gazeuse au-dessus du réservoir de lixiviation ou les phases liquide et gazeuse des IGRM.

La diffusivité du HCN de différentes phases et le transfert de masse global dans un système chaotique

Comme expliqué plus haut, la diffusivité du HCN varie d'une phase à l'autre et est intrinsèque au matériel impliqué, exerçant une influence significative sur le coefficient de transfert de masse. Comme nous l'avons souligné dans notre discussion sur la théorie du double film, le coefficient global de transfert de masse doit prendre en considération toutes les phases concernées. Il est important de noter que la diffusivité du HCN dans les phases liquide et gazeuse présente des différences marquées, à savoir :

Tableau 3-2 Diffusivité du HCN dans l'eau et dans l'air

Diffusivité	Unités	Conditions	Valeurs	Sources
$D_{\text{HCN-eau}}$	cm ² /s	20 °C	1,72E-5	Lotter, 2006
$D_{\text{HCN-air}}$	cm ² /s	0°C 1atm	0,173	Klotz and Miller, 1947

Dans les systèmes aqueux, la diffusivité d'un soluté est affectée par des variables telles que la température et la viscosité du solvant. Dans le contexte des phases gazeuses, la diffusivité est influencée par la température et la pression. Étant donné que ces paramètres peuvent fluctuer dans différentes conditions opérationnelles, il devient impératif d'étalonner les valeurs de diffusivité en fonction des conditions réelles et spécifiques au terrain lors des calculs de transfert de masse.

Comme le montre la théorie du double film ainsi que les équations 6 et 7, le modèle de transfert de masse de résistances en série explique que le taux de transfert de masse global est principalement contraint par la phase dans laquelle le transfert de masse est le moins efficace. Pour les conditions de flux d'air laminaire, le transfert de masse en phase gazeuse est le goulot d'étranglement, limitant substantiellement le taux de transfert de masse global. Inversement, sous des conditions de flux turbulent, le transfert de masse en phase gazeuse devient moins restrictif et le transfert de masse en phase liquide devient le facteur limitant.

L'introduction de l'aération dans les réservoirs de lixiviation ajoute un autre défi à l'approche d'ingénierie nécessaire à une analyse efficace du système. Le transfert de masse entre la phase liquide et la phase gazeuse dans des bulles aérées peut être modélisé dans une certaine mesure, ces bulles jouent aussi un double rôle qui doit être considéré avec prudence. En effet, elles contribuent au mélange de boues dans le réservoir, un effet qui amène un défi de modélisation en raison de sa nature dynamique. De plus, quand ces bulles arrivent à la surface et éclatent, elles perturbent la couche limite de gaz, améliorant le taux de transfert de masse en phase gazeuse. Le rôle de l'oxygène comme réactif de lixiviation s'ajoute à cette complexité. Une partie de l'oxygène introduite est consommée pendant le processus de lixiviation, ce qui affecte les débits volumiques des gaz résiduels, incluant le

HCN. Cette consommation complique la modélisation précise du taux de transfert du HCN. Compte tenu de ces complexités, cette étude a estimé les émissions de HCN provenant de l'aération des réservoirs de lixiviation en se basant seulement sur les concentrations de saturation du gaz HCN. Bien que cette approche puisse donner des estimations prudentes pouvant surestimer les émissions, elle offre un cadre simplifié, mais robuste, pour les analyses préliminaires.

4 Devis d'ingénierie des émissions HCN

Dans la section suivante, nous nous appuyerons sur le cadre théorique décrit précédemment, en combinaison avec les données empiriques disponibles, afin de formuler les estimations des émissions de HCN. Il est impératif de souligner qu'en raison de la portée limitée des données de mesure spécifiques du HCN et de la variabilité inhérente des conditions expérimentales et opérationnelles, notre estimation des émissions visera à être précise et prudente.

4.1 Analyse des données climatiques et interprétations

En accord avec la demande du client, les données pertinentes liées au climat ont été fournies, telles que la vitesse du vent, sa direction et la température de l'air. La section suivante présente certains des résultats analytiques de haut niveau dérivés de ces données.

Vue d'ensemble des statistiques mensuelles

Le tableau 4-1 qui suit fournit une vue d'ensemble des mesures statistiques de base pour la pression de l'air, la température et la vitesse du vent au site. La température de l'air démontre une variabilité saisonnière considérable, allant de -40 °C en hiver à 32,5 °C en été. Les moyennes mensuelles de températures sont essentielles pour estimer les émissions de HCN sur une base mensuelle. Dans les sections suivantes détaillant les estimations de la qualité de l'air, la température maximum enregistrée est utilisée comme base prudente pour le calcul des émissions de HCN. La moyenne annuelle de la pression de l'air est intégrée dans ces calculs pour des raisons de cohérence et de simplicité.

Tableau 4-1 Vue d'ensemble des statistiques de base des données climatiques

Mois	Pression à la surface (mbar)			Température (°C)			Vitesse du vent (m/s)		
	Max	moyenne	min	max	moyenne	min	max	moyenne	min
Janvier	1002	975	942	6.6	-14.4	-39.3	11.11	3.34	0.28
Février	999	976	935	5.4	-13.3	-36.2	12.22	3.46	0.28
Mars	1003	978	942	25.2	-6.3	-31.3	11.94	3.71	0.28
Avril	998	976	946	25.4	1.0	-21.9	11.39	3.82	0.56
Mai	995	977	953	31.0	10.6	-8.8	12.35	3.47	0.28
Juin	996	975	951	32.0	15.9	-0.1	10.83	3.19	0.28
Juillet	988	975	952	32.5	18.6	3.4	10.00	3.03	0.28
Août	991	976	957	31.7	17.2	4.9	10.00	2.89	0.28
Septembre	997	978	952	29.8	12.5	-2.6	11.94	3.07	0.28
Octobre	1002	976	947	24.4	5.7	-11.4	10.83	3.40	0.28
Novembre	1004	976	936	18.5	-2.5	-25.1	11.94	3.65	0.28
Décembre	1003	976	930	11.6	-10.1	-34.1	14.44	3.34	0.28
Moyenne annuelle	1004	976	930	32.5	3.0	-39.3	14.44	3.36	0.28

Pour ce qui est de la vitesse du vent, les données indiquent une vitesse moyenne allant de 3 à 4 m/s. Les vitesses de vent extrêmes enregistrées sont supérieures à 14 m/s au maximum et sont de 0,28 m/s au minimum. Il convient de noter qu'une partie de la vitesse du vent est enregistrée comme « calme ». En termes météorologiques, lorsque l'air est « calme », il s'agit généralement de vitesses de vent inférieures à 0,4 m/s (1 mph). L'échelle de Beaufort, un système d'estimation de la force du vent basé uniquement sur des observations visuelles des effets du vent, catégorise ce phénomène comme « Force 0 », et le décrit comme « calme ; la fumée monte verticalement » (Smith, 2018). Dans un environnement naturel, il est très peu probable que la vitesse du vent soit exactement de 0 m/s, en raison de divers facteurs tels que les gradients thermiques, les différences de pression et les caractéristiques géographiques locales, lesquels tendent à induire des mouvements d'air. Pour les estimations de la qualité de l'air du réservoir, détaillées dans les sections qui suivent, des vitesses minimum et moyenne du vent de 0,28 m/s et de 3,36 m/s seront respectivement utilisées. Les deux représentent des conditions de flux d'air turbulent.

4.2 Émission de HCN provenant du circuit de lixiviation

Les données fournies par le client offrent une vue d'ensemble des conditions pour les réservoirs de lixiviation par cyanuration, résumées au tableau 4-2 ci-dessous. Le réservoir de concentré de pyrite (630-TNK-354) et le réservoir de résidus de flottation (630-TNK-452) présentent les concentrations de cyanure libre et les débits d'O₂ les plus élevés. En conséquence, ces réservoirs servent de base pour nos estimations des taux d'émission de HCN.

Tableau 4-2 Conditions et spécifications du site du réservoir de lixiviation

Identifiant	ID	H réservoir	FB	V liq.	Flux	Viscosité	[CN ⁻]	pH	Si%	S.G.	O ₂
Unité	m	m	m	m ³	m ³ /h	cP	ppm				Am ³ /h
Réservoirs de concentré de pyrite											
630-TNK-354	18	19,4	1	4682	438	102	350	11	40	1,45	23,88
630-TNK-355	18	18,77	1	4522	438	102	200	11	40	1,45	23,06
630-TNK-356	18	18,14	1	4362	438	102	200	11	40	1,45	22,24
630-TNK-357	18	17,51	1	4201	438	102	200	11	40	1,45	21,43
Réservoir des résidus de flottation											
630-TNK-452	12,6	15,2	0,8	1796	462	679	75	11	60	1,64	23,88
630-TNK-453	12,6	14,72	0,8	1736	462	679	75	11	60	1,64	23,08
630-TNK-454	12,6	14,24	0,8	1676	462	679	75	11	60	1,64	22,29
630-TNK-455	12,6	13,76	0,8	1616	462	679	75	11	60	1,64	21,49

Estimation du taux de transfert de masse HCN liquide-gazeux dans les réservoirs de lixiviation

En tenant compte de l'ensemble des méthodes et des théories, les résultats estimés pour les deux systèmes de réservoirs de lixiviation du projet sont présentés ci-dessous. Les hypothèses prises en compte dans l'estimation sont les suivantes :

- Les conditions du site sont fixées à 35°C pour les boues de lixiviation, à 32,5°C pour la température maximale de l'air et à 976,3 Kpa pour la pression atmosphérique annuelle moyenne.
- Les spécifications des réservoirs de lixiviation et les conditions lors du traitement utilisées pour le calcul sont au tableau 4-2.

- Pour garantir une estimation prudente et pour des raisons de simplicité, $[\text{HCN}]_{\text{aq}}$ est utilisé à la place de la différence arithmétique de concentration entre la concentration en vrac (c'est-à-dire $[\text{HCN}]_{\text{aq}}$) et la concentration de pseudo-équilibre au niveau du film liquide (qui sera inférieure à $[\text{HCN}]_{\text{aq}}$).

Tableau 4-3 Sommaire des estimations d'ingénierie pour les émissions de HCN en provenance du réservoir de lixiviation

Paramètres	Unités	630-TNK-354		630-TNK-452	
Transfert de masse en phase liquide					
$[\text{HCN}]_{\text{aq}}$	mg/L	4,35		0,93	
N_{Sc}		3,96E+06		1,55E+08	
k_L	m/s	1,63E-07		2,17E-08	
Transfert de masse en phase gazeuse					
Vitesse de l'air- Flux turbulent	m/s	0,28	3,36	0,28	3,36
N_{Re}		313432	3761186	219403	2632830
N_{Sc}		7,57E-01	7,57E-01	7,57E-01	7,57E-01
k_G	m/s	3,76E-04	6,63E-03	4,65E-04	1,61E-03
k_{OL}	m/s	1,55E-07	1,63E-07	2,16E-08	2,17E-08
Estimation du taux de volatilisation en surface	mg/m ² /s	6,76E-04	7,07E-04	2,02E-05	2,02E-05
Émission de HCN provenant du dégagement gazeux d'oxygène					
Flux d'O ₂ à la surface	Am ³ /h	90		82	
Estimation de $[\text{HCN}]_{\text{g}}$ dans les flux gazeux d'oxygène	mg/m ³	39,0		8,36	
Émissions totales de HCN provenant des réservoirs de lixiviation					
Taux d'émission total de HCN	mg/s	1,148	1,156	0,1940	0,1940

Dans le cadre analytique, le coefficient de transfert de masse en phase liquide, noté k_L , est calculé sur la base des équations et des corrélations présentées dans la section 3 du rapport. Il est important de noter que k_L reste constant, quelles que soient les conditions de vitesse du vent affectant la phase gazeuse. Pour une compréhension globale, nous avons évalué deux scénarios distincts de flux d'air : 1) la vitesse minimale du vent au site 2) la vitesse moyenne du vent au site. Il est intéressant de noter que, même avec un niveau minimum de vitesse du vent au site de 0,28 m/s, le flux d'air au-dessus du réservoir est classé comme turbulent. Notre analyse indique que, sous des conditions de vent turbulent, le coefficient de transfert de masse global (k_{OL}) reflète étroitement k_L . Cela suggère que la phase liquide devient l'étape limitant le taux dans le processus de transfert de masse. Inversement, sous des conditions laminaires, k_{OL} est significativement plus bas que k_L , soulignant que la phase gazeuse devient le principal goulot d'étranglement pour le transfert de masse. Afin d'éviter toute stagnation et de dominer le flux laminaire, nous recommandons l'implémentation de stratégies pour prévenir la formation de zones d'air stagnant au-dessus des réservoirs de lixiviation. Ceci est particulièrement crucial pour les compartiments mécaniques, auxquels les opérateurs pourraient devoir accéder par intermittence ainsi que les salles d'instrumentation.

Il est important de souligner que les valeurs calculées pour le coefficient de transfert de masse volumétrique global (K_{OL}) sont désignées explicitement pour estimer la volatilisation en surface de HCN provenant des réservoirs de lixiviation. Ces estimations ne doivent pas être confondues avec les concentrations de HCN dans le gaz d'échappement de l'oxygène, un sujet qui sera discuté à la section 3 de ce rapport. Pour avoir une bonne compréhension du total des émissions de HCN, les deux composantes, soit les concentrations de volatilisation de

surface et des gaz d'échappement de l'oxygène, doivent être additionnées. Dans le contexte opérationnel spécifique des réservoirs de lixiviation du projet Horne 5, il est essentiel de noter que la majeure partie des émissions totales de cyanure provient des dégagement gazeux d'oxygène. Ces données agrégées des émissions de HCN sont fournies au client pour être incorporées dans des modèles de dispersion de l'air comme AERMOD qui facilitent l'évaluation de la conformité environnementale.

Concentration de HCN au-dessus des réservoirs de lixiviation

Sur la base des résultats de la modélisation, une estimation préliminaire des concentrations de HCN au-dessus des réservoirs de lixiviation a été réalisée en supposant un gradient de concentration linéaire pour des besoins d'illustration. Il est essentiel de comprendre que ce modèle de gradient linéaire donne une estimation prudente des conditions de circulation de l'air sous flux turbulent où les tourbillons d'air introduisent des complexités dans le modèle de dispersion, rendant le gradient de concentration du HCN non linéaire. Cette analyse sert donc d'estimation de référence. Pour les vitesses de vent typique du site du projet Horne 5, l'utilisation d'un modèle de dispersion de l'air sophistiqué est recommandée pour une estimation plus précise des concentrations de HCN aérien à la limite d'évaluation de la conformité du projet.

Les diagrammes inclus dans cette section expliquent les changements dans les concentrations de HCN aérien relativement à la variation de la hauteur au-dessus de la surface liquide des réservoirs de lixiviation. Pour répondre aux différentes conditions opérationnelles, des scénarios de vitesses de vent multiples sont représentés par des courbes séparées sur les graphiques. En outre, les limites de concentration de HCN réglementaires à court terme (4 minutes) et à long terme (annuel) sont indiquées sur les représentations graphiques pour en faciliter l'interprétation et juger de la conformité environnementale.

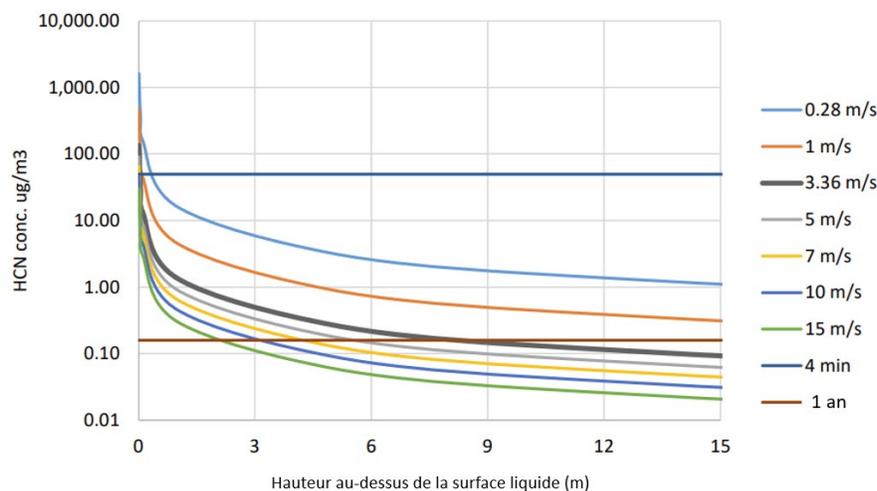


Figure 4-1 Estimation [HCN] au-dessus des réservoirs de concentré de pyrite avec différentes vitesses de vent

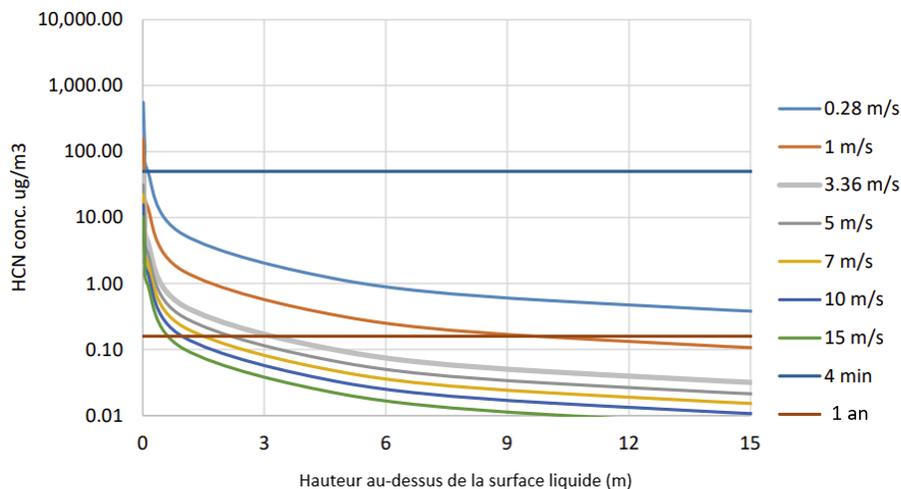


Figure 4-2 Estimation [HCN] au-dessus des réservoirs de résidus de flottation avec différentes vitesses de vent

Sur la base de ces chiffres, les estimations suivantes des concentrations de HCN dans l'air au-dessus des réservoirs de lixiviation sont résumées ci-dessous :

- Pour les réservoirs de concentré de pyrite (630-TNK-354) :
 - Pour le vent moyen de 3,36 m/s, une hauteur d'approximativement 8 m au-dessus de la surface liquide du réservoir devrait respecter la limite annuelle.
 - Pour le vent minimal de 0,28 m/s, le seuil maximal de 4 minutes est atteint à seulement approximativement 0,25 m au-dessus du réservoir.
- Pour les réservoirs de résidus de flottation (630-TNK-452) :
 - Pour le vent moyen de 3,36 m/s, une hauteur d'approximativement 3 m au-dessus de la surface liquide du réservoir devrait respecter la limite annuelle.
 - Pour le vent minimal de 0,28 m/s, le seuil maximal de 4 minutes est atteint près de la surface liquide (<0,1 m au-dessus du réservoir).

4.3 Émission provenant des installations de gestion des résidus miniers (IGRM)

Les émissions provenant des IGRM présentent des défis distincts de celles provenant des réservoirs de lixiviation, attribuable à deux différences clés :

1. Les IGRM comprennent diverses zones dont les teneurs en solides, la rhéologie des résidus et les caractéristiques d'écoulement diffèrent. Ces variations introduisent de la complexité dans l'estimation des taux de transfert de masse de HCN, ce qui rend plus difficile la modélisation dynamique du système.
2. Contrairement aux réservoirs de lixiviation, les IGRM possèdent des surfaces liquides tranquilles exposées aux facteurs extérieurs comme la radiation UV et la dégradation bactérienne des espèces de cyanure. En outre, ces installations maintiennent souvent des températures de solution plus basses.

Considérant la disponibilité limitée des données, notre approche combine des cadres théoriques avec une série d'hypothèses afin de formuler des recommandations pertinentes pour les émissions de HCN provenant des IGRM. Les données provenant de la solution aqueuse des IGRM peuvent être résumées dans le tableau suivant :

Tableau 4-4 Paramètres de la solution aqueuse des installations de gestion de résidus miniers (IGRM)

Paramètres	Unités	Valeurs
CN _{WAD}	mg/L	2
CN _T	mg/L	4,04
Cu	mg/L	0,97
Fe	mg/L	0,73
Zn	mg/L	0,08
SCN	mg/L	194
pH	mg/L	9
Temp.	°C	15
CN libre	mg/L	0,69

D'après les données de mesure et des calculs simples, les cyanures de différentes espèces sont similaires. Le cyanure libre estimé dans la solution est d'environ 0,7 mg/L.

Émissions provenant des surfaces de liquide à l'état de repos

En général, les surfaces liquides au repos devraient représenter la majeure partie de la zone des IGRM. Basées sur les conditions détaillées au tableau 4-5, les estimations des taux d'émission par unité de surface sont les suivantes. Les hypothèses étant celles-ci :

1. Bien que la surface du liquide soit calme, la vitesse linéaire de l'écoulement dans les IGRM est présumée être 0,0001 m/s.
2. La longueur caractéristique pour la corrélation de la plaque plane est présumée être de 1 m.
3. La température de l'eau est présumée être de 20 °C. Puisqu'une température plus élevée favorise la volatilisation du HCN, cette valeur est prudente. La température de l'air maximale au site est présumée être de 32,5 °C.

En utilisant une méthodologie similaire à celle employée pour les estimations des réservoirs de lixiviation, nous avons calculé le taux de transfert de masse et le coefficient de transfert de masse global pour les IGRM en nous basant sur les variations des taux de flux d'air et des conditions spécifiques au site. Un modèle de dispersion de l'air est indispensable pour déterminer le volume d'air total, lequel est une variable critique pour l'estimation de la concentration de HCN émise dans l'air.

La méthode employée ici est axée sur la cinétique du transfert de masse, isolant efficacement les variables telles que les radiations UV et la dégradation bactérienne des espèces de cyanure, lesquelles pourraient être considérées comme du bruit dans le système. Il est essentiel de noter que cette méthode est mieux adaptée aux volumes de liquide dans un état relativement stable, caractérisé par un flux d'entrée et un flux de sortie constants provenant des IGRM, et ayant ainsi une concentration stable de cyanure. Pour les étangs qui opèrent en tant que systèmes fermés, une approche complète de bilan de masse entrée-sortie est recommandée, considérant que la masse totale de cyanure dans ces systèmes est finie.

Tableau 4-5 Estimation des émissions provenant des IGRM, solution au repos, état stable

Paramètres	Unités	IGRM, à la surface de l'eau	
Transfert de masse en phase liquide			
[HCN] _{aq}	mg/L	0,44	
N _{Sc}		5,83E+02	
k _L	m/s	9,27E-08	
Transfert de masse en phase gazeuse			
Vitesse de l'air- Flux turbulent	m/s	0,28	3,36
N _{Re}		17413	208955
N _{Sc}		7,57E-01	7,57E-01
k _G	m/s	1,65E-03	5,72E-03
k _{OL}	m/s	9,15E-08	9,23E-08
Estimation du taux de transfert de masse	mg/m ² /s	4,04E-05	4,08E-05

Concentration de HCN au-dessus de l'eau de surface des IGRM

Poursuivant la méthodologie employée précédemment pour les réservoirs de lixiviation, nous avons étendu notre estimation du transfert de masse à l'eau de surface des bassins des IGRM. Les résultats de cette analyse sont résumés dans le diagramme suivant.

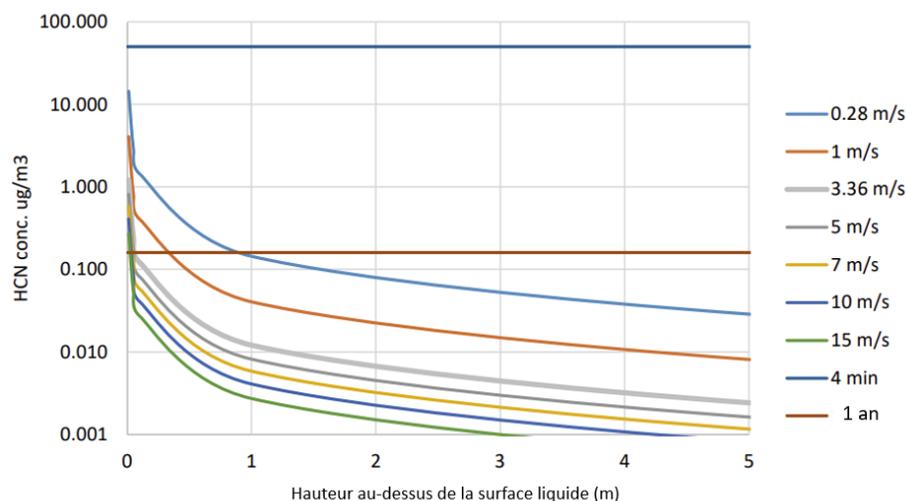


Figure 4-3 Estimation de la qualité de l'air au-dessus de l'eau des IGRM avec différentes vitesses de vent

Pour la surface de l'eau des IGRM, nos calculs indiquent des niveaux de concentration de HCN variables basés sur les conditions de vitesse du vent. Pour les scénarios de vitesse minimale de vent au site, les concentrations de HCN aériennes devraient atteindre le seuil réglementaire annuel à une hauteur de moins de 1 m au-dessus du liquide. Dans le cas des conditions moyennes de vent (3,36 m/s), le respect de la limite annuelle devrait être atteint presque immédiatement au-dessus de la surface liquide.

Zones de résidus à faible taux d'humidité

Les zones des IGRM montrant un faible taux d'humidité tendent à avoir des coefficients de transfert de masse significativement réduits. D'une manière générale, une teneur en humidité inférieure à 40 % se traduit par des boues humides, tandis que les teneurs inférieures à 30 % peuvent présenter un comportement thixotropique. Des niveaux d'humidité encore plus bas peuvent entraîner ce que l'on appelle communément une "plage sèche" (dry beach) à l'intérieur des IGRM. En outre, la teneur en eau ne représente pas seulement l'effet de la solidité, mais aussi l'effet du gel dû aux basses températures. Bien que les données empiriques sur le sujet soient limitées, Lotter (2006) a fait état d'un coefficient de transfert de masse mesuré à travers différentes zones dans les IGRM. Ces informations sont résumées dans le tableau ci-dessous à titre de référence :

Tableau 4-6 Données de transfert de masse de HCN dans les IGRM, mesurées par Lotter, 2006

Point de mesure	Humidité, en %	Mesure K_{01} , en m/h
1	41,5	0,00004
2	36,2	0,00008
3	36,2	0,00006
4	19,3	0,00007
5	19,3	0,00006
6	26,1	0,00036

Plusieurs facteurs pourraient potentiellement introduire des erreurs significatives dans les mesures effectuées dans le cadre de ce projet, réduisant ainsi la crédibilité des résultats. Par exemple :

1. La précision des mesures de cyanure tend à diminuer à des concentrations inférieures à 0,01 ppm. Étant donné que, dans cette étude, nous traitons des concentrations de cyanure au niveau de la ppb, l'erreur de mesure pourrait être exacerbée.
2. La classification de la teneur en humidité pose des problèmes, en particulier lorsqu'il s'agit d'obtenir des échantillons sur place. Comme le démontrent les principes fondamentaux, les surfaces liquides, quelle que soit leur taille, présentent des taux de transfert de masse supérieurs de plusieurs ordres de grandeur à ceux des surfaces boueuses contenant des solides.

Sur la base de ces considérations, l'utilisation des taux de transfert de masse cinétique comme base pour l'estimation des émissions de cyanure des IGRM à faible teneur en eau pourrait ne pas donner des résultats exacts pour les raisons suivantes :

1. Compte tenu de la faible fluidité des boues à faible teneur en eau dans les IGRM, ces dernières pourraient essentiellement être considérées comme des systèmes fermés aux fins de notre estimation, dans lesquels la teneur totale en cyanure est finie.
2. Il est très probable que seule la couche superficielle de la boue soit soumise à la volatilisation, tandis que les molécules de cyanure d'hydrogène des couches plus profondes peuvent être piégées dans les espaces interstitiels des solides.

Suivant ces considérations, notre recommandation pour estimer les émissions de cyanure dans les zones de faible humidité des IGRM est d'adopter une approche de bilan de masse. Plus précisément, l'approche de bilan de masse impliquerait la comptabilisation du total du contenu en cyanure libre dans la phase de solution et la présomption qu'il est libéré sur une période infinie. Le métal associé aux cyanures — liés aux éléments comme le cuivre, le zinc ou le fer — n'est pas considéré comme pertinent pour l'estimation, et cela pour deux raisons principales.

Premièrement, ces complexes tendent à se dissocier à un niveau de pH qui est généralement plus bas que celui des

solutions des IGRM. Deuxièmement, ils sont susceptibles à l'oxydation UV et aux processus de bio-oxydation (sur un laps de temps prolongé), lesquels seraient finalement convertis en espèces de cyanate.

5 Conclusion et recommandations

Dans ce mémorandum, nous avons décrit de façon exhaustive les multiples facettes concernant les émissions de HCN pour le projet Horne 5. L'analyse repose sur les principes du génie chimique, enrichie de données empiriques et peaufinée par l'inclusion de variables climatiques. Vous trouverez ci-dessous les principales conclusions et recommandations tirées des sections précédentes de notre analyse rigoureuse :

1. Principes fondamentaux : L'interaction de l'équilibre du cyanure d'hydrogène en phase aqueuse, la loi d'Henry et la théorie du double film constituent la base de notre approche. Ces principes facilitent une compréhension plus complète des émissions de HCN et soutiennent notre modèle cinétique et nos équations de transfert de masse. Les résultats de la modélisation s'alignent bien avec notre expérience et avec les données mesurées dans la littérature.
2. Analyse des données climatiques : Les données météorologiques fournies ont été analysées pour comprendre les variations de température et de vitesse du vent sur le site. Les points clés incluent :
 - La température de l'air au site démontre des variations saisonnières significatives, allant de -40 °C en hiver à 32,5 °C en été. La surveillance de ces variations de température est cruciale en raison de leur impact direct sur les températures des solutions et celles de l'air.
 - Le site présente des variations mensuelles minimales de la vitesse du vent, avec une vitesse moyenne de 3 à 4 m/s.
3. Émissions de HCN provenant des réservoirs de lixiviation : Notre méthodologie harmonise les fondements théoriques avec les données empiriques afin de déduire les émissions de HCN provenant des réservoirs de lixiviation. L'utilisation des corrélations de transfert de masse, désignées particulièrement pour les systèmes agités, garantit l'alignement sur les conditions opérationnelles. Les principales conclusions sont les suivantes :
 - À la vitesse moyenne du vent au site, soit 3,36 m/s, l'estimation du taux de volatilisation du HCN pour le réservoir de concentré de pyrite (630-TNK-354) est de 7,07E-04 mg/m²/s alors que celui du réservoir de résidus de flottation (630-TNK-452) est de 2,02E-05 mg/m²/s.
 - Basée sur les taux de flux d'aération des réservoirs de lixiviation fournis, l'estimation du taux d'émission de HCN provenant du dégagement gazeux d'oxygène pour le réservoir de concentré de pyrite (630-TNK-354) est de 0,98 mg/s, alors que celui du réservoir de résidus de flottation (630-TNK-452) est de 0,19 mg/s.
 - Pour les mêmes conditions, le taux total des d'émission de cyanure a été calculé en additionnant les contributions de la volatilisation de surface du HCN dans les réservoirs de lixiviation et celle du dégagement gazeux d'oxygène. Pour le réservoir de concentré de pyrite (630-TNK-354), le taux d'émission de HCN agrégé est de 1,16 mg/s, alors que celui du réservoir de résidus de flottation (630-TNK-452) est de 0,194 mg/s.
 - Les concentrations de HCN dans l'air au-dessus du réservoir sont estimées sur la base d'une hypothèse de gradient linéaire. La modélisation de la dispersion de l'air est requise pour affiner l'estimation sur la base de l'analyse de transfert provenant de cette étude.
4. Émissions de HCN provenant des IGRM : Compte tenu de la nature dynamique et des variables complexes associées au IGRM, nous mettons en garde contre une confiance excessive dans les modèles cinétiques pour estimer les émissions des surfaces à faible teneur en eau. Les conclusions à retenir sont les suivantes :
 - À la vitesse moyenne du vent au site, soit 3,36 m/s, le taux de transfert de masse estimé pour les surfaces liquides au repos est de 4.08E-05 mg/m²/s.

Traduction non officielle du contenu du document original anglais

- Pour les zones des IGRM avec une faible humidité, nous préconisons l'adoption d'une approche de bilan de masse centrée autour du contenu total de cyanure libre dans la phase de la solution pour une estimation plus précise des émissions.

Traduction non officielle du contenu du document original anglais

Lettre d'attestation

Ce document a été créé par des ingénieurs professionnels enregistrés dans la province de la Colombie-Britannique auprès de l'EGBC. Nous attestons que les informations contenues dans ce document sont exactes au mieux de nos connaissances et de notre expérience.

Signatures dans le document original

6 Références

Jones, Sarah. "Toxicity of Cyanide Compounds: Implications for Occupational Health." *Journal of Occupational Health*, vol. 57, no. 3, 2015, pp. 205-211.

Williams, Emily. "Regulatory Limits on Cyanide: A Review." *Environmental Science and Policy*, vol. 92, no. 1, 2019, pp. 123-130.

Estay, Humberto, et al. "Predicting HCN Gas Generation in the SART Process." *Hydrometallurgy*, vol. 113-114, 2012, pp. 131-142.

Sander, R. "Compilation of Henry's Law Constants, Version 3.99." *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, vol. 14, 2014, pp. 29615-30521, doi:10.5194/acpd-14-29615-2014.

Cussler, Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems, Cambridge, 1984.

Estay, Humberto. "Estimating the Hydrogen Cyanide Generation: Thermodynamics and Mass Transfer." University of Chile, Chapter, January 2013,

Cussler, E. Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems, ISBN 978-0-521-87121-1; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2009.

Lotter, N. "Cyanide Volatilization from Gold Leaching Operations and Tailing Storage Facilities." Master's Thesis, Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, 2006.

Klotz, I.; Miller, D. *J Am Chem Soc.* 1947, 69(10), 2557-2558

Smith, John A. "Chapter 7: The Beaufort Wind Scale and Its Applications." *Meteorology: Principles and Applications*, 3rd ed., Cambridge University Press, 2018, pp. 145-160.

Green, Don W., and Robert H. Perry, editors. "Perry's Chemical Engineers' Handbook." 9th ed., McGrawHill Education, 2018.

Simovec, L., et al. "Development of a Model to Describe the Natural Degradation of Cyanide in Gold Milling." Conference on Cyanide and the Environment, Tucson, Arizona, 1984.

Simovec, L., and W.J. Snodgrass. "Natural Removal of Cyanides in Gold Mill Effluents – Evaluation of Removal Kinetics." *Water Pollution Research Journal Canada*, vol. 2, no. 2, 1985, pp. 120-133.

MEMORANDUM

TO: Hélène Cartier, Christian Laroche, Annie Beaulieu
CC: Julien Poirier
FROM: Brent Baker, P.Eng, Link Ding, P.Eng
DATE: November 1, 2023
SUBJECT: **Engineering Study of Leach Tank HCN Gas Emissions from Falco Resource's Horne 5 Project – Rev 1**

1. Summary

Drawing on BQE Water's extensive expertise in gold leach solution optimization, CN detoxification, and SART design and operations, we employed a first-principles approach to estimate of hydrogen cyanide (HCN) emission rates for various open-top, HCN-containing vessels at Falco Resources' Horne 5 project.

Our methodology leverages published chemical engineering relationships and benchmark values, such as Henry's constant for HCN. This approach enables the model to account for site-specific parameters relevant to the Horne 5 project. These parameters include but are not limited to elevation, ambient temperature, leach tank agitation power, aeration volume, pH, and NaCN concentration. This method contrasts significantly with other approaches that rely on empirical equations derived from a single operation, often with undisclosed or unknown specific operational parameters.

The primary aim of this memorandum is to offer a thorough summary of the methodology applied to estimate potential HCN emissions from the cyanide leach tanks and the Tailings Storage Facility (TSF). This summary serves as a critical reference for Falco Resources in its permitting efforts. A synopsis of the unit emission rates, resulting from this analysis, is provided in the subsequent sections:

Table 1: Summary of HCN Emission Rate for Falco Horne 5 Project

Vessel	Units	HCN Emission Rate
Pyrite Concentrate Tank (630-TNK-354)	mg/s, per tank	1.160
Pyrite Tailings Tank (630-TNK-452)	mg/s, per tank	0.194
Tailings Storage Facility, Water Surface	mg/m ² /s	0.0000409

2. Project Background and Objectives

Falco Resources' Horne 5 Project, currently undergoing permitting, involves the use of open-top, outdoor cyanide leach tanks for gold extraction. A critical element of the permitting process is the accurate estimation and control of HCN off-gassing from both the leach tanks and the TSF. Any HCN emissions are of significant environmental concern, as such are subject to rigorous regulatory standards, specifically in Quebec a limit of 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for short-term exposure (over a 4-minute period) and 0.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ on an annual basis, post-application of air dispersion models. Reliable estimates of HCN emissions

are therefore not only environmental imperatives but also regulatory prerequisites for the successful permitting of the project.

BQE Water has been engaged by Falco Resources to assist in estimating the HCN emissions. Leveraging our extensive experience in gold and SART projects, as well as our expertise site wide water management, BQE Water is uniquely positioned to provide reliable estimates for HCN emissions. This includes emissions from the leach tanks, as well as the potential emissions from the TSF.

The objective of this memo is to serve as reference to Falco Resources' permitting endeavor, providing a comprehensive summary of the methodology, calculations, and results of the HCN emission study for both the cyanide leach tanks and TSF.

3. Hydrogen Cyanide, Aqueous and Gaseous Fundamentals

Cyanide, specifically in the form of sodium cyanide (NaCN), is a cornerstone reagent in the gold mining industry, predominantly employed in the extraction of gold from ores through the cyanidation process. While the utilization of cyanide enables efficient and cost-effective gold recovery, it comes with a set of environmental and safety challenges that cannot be ignored.

- Cyanide is a regulated reagent, subject to a multitude of international, federal, and local regulations. These regulations mandate strict controls over its production, transportation, use, and disposal.
- Cyanide compounds like HCN gas are acutely toxic to humans and aquatic life. Exposure can lead to harmful health effects, making its control an imperative from an occupational health and safety perspective (Jones, 2015).
- The environmental discharge limits for cyanide are rigorously defined. In many jurisdictions, the permissible levels of free cyanide in effluents are as low as 0.05 mg/L. The off-gassing of HCN into the atmosphere is also regulated, with stringent air quality standards in place to protect both human health and the environment (Williams, 2019). OSHA (Occupational Safety and Health Administration) in the United States has established permissible exposure limits (PEL) and guidelines to ensure the safety of workers who might encounter HCN in the workplace:
 - Time-Weighted Average (TWA): The permissible exposure limit for HCN is 10 ppm (parts per million) as an 8-hour TWA.
 - Short-Term Exposure Limit (STEL): OSHA does not specify a STEL for HCN. However, some other agencies such as NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) recommend a STEL of 4.7 ppm for a 15-minute exposure period.

Given these complexities, the appropriate calculation and control of HCN off-gassing from leaching operations and TSF are not merely technical challenges but also legal necessities. In the following sections, we will discuss several fundamental theories and methodologies to better understand the emissions estimation.

3.1 Hydrogen Cyanide Aqueous Equilibrium

Cyanide is commonly used in the form of solid sodium cyanide (NaCN) which has high solubility, disintegrating into free cyanide ions (CN⁻) upon dissolution with water. These cyanide ions undergo further hydrolysis, generating hydrogen cyanide (HCN) molecules and hydroxyl ions (OH⁻). The dissociation constant of HCN, expressed as its logarithmic exponent (pKa), is widely cited as 9.21 at a temperature of 25°C (Estay, 2012) – which means the aqueous equilibrium between CN⁻ and HCN is nominally at a pH of 9.21, and that any swing higher or lower will affect the relative concentrations. Specifically, pH values exceeding the pKa (pH >9.21) favor the formation of cyanide anions (CN⁻), whereas a lower pH gives preference for the formation of the hydrogen cyanide ion (HCN). This interrelation can be quantitatively represented through the following equations:

$$pKa = pH + \log_{10} \frac{[HCN]}{[CN^{-}]} \quad \text{Eq.1}$$

$$C_{free} = [HCN]_{(aq)} + [CN^{-}]_{(aq)} \quad \text{Eq.2}$$

It is worth noting that the term "free cyanide" (C_{free}) encompasses both hydrogen cyanide (HCN) and free cyanide anions (CN⁻) present in the aqueous solution. This distinction is crucial for accurate measurement and reporting. Additionally, it's important to recognize that the pKa value of HCN is temperature dependent. Variations in the dissociation constant at different temperatures are well-documented and can be referenced in standard chemistry handbooks.

Understanding the aqueous equilibrium of hydrogen cyanide (HCN) is pivotal for this study. Within the aqueous phase, HCN molecules are considered to be in a dissolved state. It is only when these molecules transition from the aqueous phase to the gaseous phase that they are appropriately referred to as hydrogen cyanide gas. This distinction is essential for accurate quantification and modeling of HCN emissions.

3.2 Hydrogen Cyanide Liquid-Gas Equilibrium

The equilibrium of HCN volatilization from the liquid to the gaseous phase at the liquid-gas interface (or dissolution from the gaseous to the liquid phase) is governed by Henry's Law. In general, Henry's Law is applicable to dilute solutions, typically defined as less than 1% mol solute/mol solvent, which translates to ~10 kg/m³ of HCN. In the context of this study, the CN lixiviant used in the leaching process can be classified as a dilute solution. Henry's Law establishes the concentration relationship between a solute in the liquid phase and its corresponding equilibrium concentration in the gaseous phase. This relationship is quantified by the Henry's constant, which serves as the ratio between the concentrations in the two phases. There are many forms of Henry's constants, depending on what units are used for the solute, the relationship used in this study is given below:

$$H^{cp} = C_a/P_a \quad \text{Eq.3}$$

Where,

- H^{cp} has a unit of mol/m³/Pa.
- C_a is the solute concentration in the liquid phase, mol/m³.

- P_a is the solute partial pressure in the gaseous phase, pa.

Henry's constant is intrinsically temperature-dependent, and the specific values for hydrogen cyanide (HCN) can be calculated using constants sourced from reputable chemical handbooks (Sander, 2014). These calculations yield a range of values, which are presented below for reference. It's important to note that higher temperatures generally facilitate the volatilization of HCN. Given that the objective of this report is to provide an estimate of HCN emissions, it is prudent to utilize the lower end of the H^{cp} values for calculations. This approach will yield a more conservative estimate of HCN emission rates, aligning with best practices in environmental risk management.

Table 3-1: H^{cp} value reference for HCN vs. temperature

HCN, H^{cp} , mol/m ³ /pa		
Temp. (°C)	min	max
0	0.348	0.510
5	0.250	0.367
10	0.182	0.267
15	0.134	0.197
20	0.100	0.146
25	0.075	0.110
30	0.057	0.083
35	0.044	0.064
40	0.034	0.049

3.3 Liquid-Gas Mass Transfer Theories Applied

Liquid-Gas mass transfer is distinct from Henry's Law in that it describes the kinetics of the cross-phase mechanism, while Henry's Law focuses on equilibrium conditions in the bulk phase, particularly for dilute systems. The interface mass transfer process is inherently more complex due to the resistance to mass transfer in each phase, which results in concentration gradients. These gradients are encapsulated within boundary layers in each respective phase and are governed by the solvent's diffusivity in that phase. To illustrate these principles, the Two-Film Theory in mass transfer provides a simplified representation, as depicted in the figure below.

BQE Water

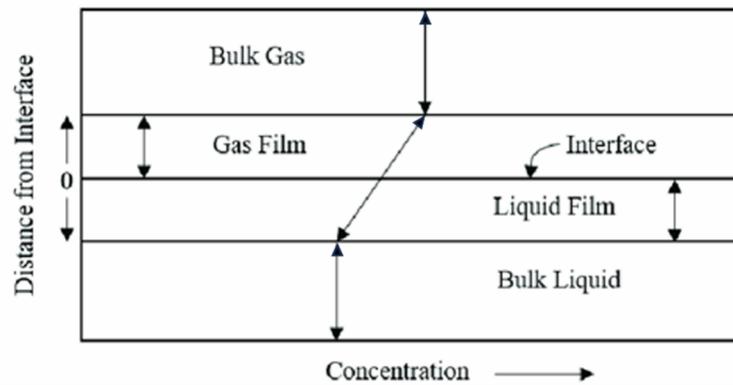


Figure 3-1: Illustration of Two-film Theory in Liquid-Gas Mass Transfer at the Interface

The mass transfer rate, whether expressed in mass-based or molar-based terms, is primarily governed by two factors: the concentration gradient and the mass transfer coefficient specific to each phase, as delineated in Equations 4 and 5, below. The driving force for this concentration is typically calculated using the logarithmic mean (sometimes arithmetic mean), which incorporates both the bulk and pseudo-equilibrium concentrations for a given phase. These concentrations can, in turn, be derived from Henry's constant. The overall mass transfer rate for this phase can be effectively estimated using a resistances-in-series mass transfer model, as represented in Equations 6 and 7.

$$N_{HCN} = k_L \Delta C_{ml}^L \quad \text{Eq.4}$$

$$N_{HCN} = k_g \Delta C_{ml}^G \quad \text{Eq.5}$$

$$\frac{1}{k_{OL}} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{m_{HCN} k_G} \quad \text{Eq.6}$$

$$\frac{1}{k_{OG}} = \frac{m_{HCN}}{k_L} + \frac{1}{k_G} \quad \text{Eq.7}$$

Where,

- N_{HCN} can be expressed as mol/m²/h, or g/m²/h.
- k_L and k_G are local mass transfer coefficient, and k_{OL} and k_{OG} are the overall mass transfer coefficient for the respective phase.
- m_{HCN} is the concentration ratio across phase, which can be extrapolated from Henry's Constant
- ΔC is the concentration gradient of respective phases.

The Two-Film Theory serves as a foundational model that simplifies and conceptualizes the mass transfer problem at hand. To tailor this model more precisely for the specific task of modeling HCN gas emissions in gold leaching tanks, several further simplifications and correlations can be introduced, as described in the following sections.

Liquid Phase Mass Transfer Model - Agitated Tanks

A variety of correlations for assessing the local mass transfer coefficient are available in the literature, each corresponding to specific system geometries and conditions. While a comprehensive review of all such models is beyond the scope of this report, interested readers may refer to resources like Perry's Chemical Engineers' Handbook for further information. Notably, Cussler (1984, 2009) provides a mass transfer correlation specifically tailored for agitated tank systems, as used in the leach tanks, elaborated below:

$$k_L N_{Sc}^{2/3} = 0.13 \left[\frac{\left(\frac{P}{V_{\text{tank}}} \right) \mu_c}{\rho_c^2} \right]^{1/4} \quad \text{Eq.8}$$

$$N_{Sc} = \frac{\mu_p}{\rho_p D_{HCN-P}} \quad \text{Eq.9}$$

Where,

- P/V_{tank} represents power density, W/m^3 , P as the agitator shaft power and V_{tank} is the liquid volume in steady state.
- μ are ρ are viscosity and density of the phase
- D is the diffusivity of a component in a phase, also known as the diffusivity or diffusion coefficient.

The correlation incorporates a power density factor, which, consistent with our empirical observations, directly influences the mass transfer coefficient. Within the context of tank agitation, the strength of agitation is intrinsically linked to the design of the impeller and the vessel, both of which significantly impact mass transfer rates. Agitation serves to enhance mass transfer in the liquid phase by elevating the local mass transfer rate within the liquid boundary layer. Importantly, the correlation aligns well with experimental data presented by Estay (Estay, 2013, 2011).

Gas Phase Mass Transfer Model – Flat Plate

Flat plate models are instrumental in elucidating the mass transfer mechanisms in the gas phase, particularly within the context of gold processing facilities utilizing leach tanks and TSFs. The utility of these models is contingent upon various operational parameters, notably the air flow rate, which in turn influences the Reynolds number. Variations in the Reynolds number necessitate the adoption of different mass transfer models to accurately capture the dynamics of the system. For scenarios involving laminar air flow conditions above the leach tanks and the TSF, the relevant mass transfer correlations are detailed in the subsequent section (Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th, 5-59.)

$$N_{Sh} = 0.646(N_{Re}^{\frac{1}{2}})(N_{Sc}^{\frac{1}{3}}) \quad \text{Eq.10}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho_p v_p L_p}{\mu_p} \quad \text{Eq.11}$$

$$N_{Sh} = \frac{L_p k_p}{D_{HCN-P}} \quad \text{Eq.12}$$

Where,

- L_p is the characteristic length of the flat plate. For the leaching tank, it shall be the liquid surface diameter.
- The laminar model is reported to be a better fit for $N_{Sc} > 0.6$, $N_{Re} < 30,000$.

For conditions with $N_{Re} > 30,000$, the turbulent model can be utilized, as presented below:

$$N_{Sh} = 0.037(N_{Re}^{\frac{4}{5}} - 15500)N_{Sc}^{\frac{1}{3}} \quad \text{Eq.13}$$

These flat plate correlations have been used in this study to either describe the gas phase over the leaching tank, or the TSF's liquid and gas phases.

HCN Diffusivity of Different Phases and Overall Mass Transfer in a Chaotic System

As explained above, the diffusivity of HCN varies between phases and is intrinsic to the materials involved, exerting a significant influence on the mass transfer coefficient. As outlined in our discussion on the Two-Film Theory, the overall mass transfer coefficient should be a composite consideration of all relevant phases. It's important to note that the diffusivities of HCN in the gaseous and liquid phases exhibit marked differences, as follows:

Table 3-2: HCN Diffusivity in Water and Air

Diffusivity	Units	Conditions	Values	Sources
$D_{HCN-water}$	cm ² /s	20°C	1.72E-5	Lotter, 2006
$D_{HCN-air}$	cm ² /s	0°C 1atm	0.173	Klotz and Miller, 1947

In aqueous systems, diffusivity of a solute is affected by variables such as temperature and viscosity of the solvent. In the context of gas phases, the diffusivity is influenced by temperature and pressure. Given that these parameters can fluctuate under different operational conditions, it becomes imperative to calibrate the diffusivity values to their actual, field-specific conditions when carrying out mass transfer calculations.

As delineated by the two-film theory and substantiated by Equations 6 and 7, the resistances-in-series mass transfer model explains that the overall mass transfer rate is primarily constrained by the phase in which mass transfer is the least efficient. For the laminar airflow conditions, the gas-phase mass transfer

serves as the bottleneck, substantially limiting the overall mass transfer rate. Conversely, under turbulent flow conditions, the gas-phase mass transfer becomes far less restrictive, and the liquid-phase mass transfer emerges as the limiting factor.

The introduction of aeration into leaching tanks adds another layer of intricacy to the engineering approach required for effective system analysis. While the mass transfer between the liquid and gas phases within aerated bubbles can be modeled to some extent, these bubbles also play a dual role that needs to be carefully considered. Specifically, they contribute to slurry mixing within the tank, an effect that poses a modeling challenge due to its dynamic nature. Moreover, as these bubbles reach the surface and burst, they disrupt the gas boundary layer, enhancing mass transfer rates in the gas phase. Adding to this complexity is the role of oxygen as a leaching reagent. A proportion of the introduced oxygen is consumed during the leaching process, affecting the volume flow rates of residual gases, including HCN. This consumption complicates the precise modeling of HCN mass transfer rates. Given these complexities, this study has estimated HCN emissions from leach tank aeration based solely on HCN gas saturation concentrations. While this approach may yield conservative estimates that overstate actual emissions, it offers a simplified yet robust framework for preliminary analysis.

4. Engineering Estimate of HCN Emission

In the following section, we will leverage the theoretical framework outlined previously, in conjunction with available empirical data, to formulate estimates for HCN emissions. It is imperative to emphasize that due to the limited scope of specific HCN gas measurement data and the inherent variability in both experimental and operational conditions, our emission estimates will aim to be both accurate and conservative.

4.1 Climate Data Analysis and Interpretation

In accordance with the client's request, pertinent climate data were supplied, encompassing factors such as wind speed, direction, and air temperature. The following section will present some of the high-level analytical outcomes derived from these data.

Monthly Statistics Overview

Table 4-1 below provides a comprehensive overview of basic statistical measures for air pressure, temperature, and wind speed at the site. The air temperature exhibits considerable seasonal variability, ranging from lows of -40°C in winter to highs of 32.5°C in summer. Monthly averages of these temperatures are instrumental for estimating HCN emissions on a month-by-month basis. In the subsequent sections detailing air quality estimations, the maximum recorded air temperature is employed as a conservative basis for calculating HCN emissions. Conversely, the annual average air pressure is incorporated into these calculations for consistency and simplicity.

Table 4-1: Site Climate Data Basic Statistical Overview

Month	Surface pressure (mbar)			Temperature (°C)			Wind speed (m/s)		
	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min
January	1002	975	942	6.6	-14.4	-39.3	11.11	3.34	0.28
February	999	976	935	5.4	-13.3	-36.2	12.22	3.46	0.28
March	1003	978	942	25.2	-6.3	-31.3	11.94	3.71	0.28
April	998	976	946	25.4	1.0	-21.9	11.39	3.82	0.56
May	995	977	953	31.0	10.6	-8.8	12.35	3.47	0.28
June	996	975	951	32.0	15.9	-0.1	10.83	3.19	0.28
July	988	975	952	32.5	18.6	3.4	10.00	3.03	0.28
August	991	976	957	31.7	17.2	4.9	10.00	2.89	0.28
September	997	978	952	29.8	12.5	-2.6	11.94	3.07	0.28
October	1002	976	947	24.4	5.7	-11.4	10.83	3.40	0.28
November	1004	976	936	18.5	-2.5	-25.1	11.94	3.65	0.28
December	1003	976	930	11.6	-10.1	-34.1	14.44	3.34	0.28
Yearly Average	1004	976	930	32.5	3.0	-39.3	14.44	3.36	0.28

Regarding wind speed, the data indicate an average velocity ranging between 3 to 4 m/s. The recorded extremes for wind speed have reached over 14 m/s at the maximum and as low as 0.28 m/s at the minimum. It is worth noting that, some of the wind speed is recorded as “calm”. In meteorological terms, when the air feels “calm,” it generally refers to wind speeds that are less than 1 mph (0.4 m/s). The Beaufort Wind Scale, a system for estimating wind force based solely on visual observations of the effects of the wind, categorizes this as “Force 0,” described as “calm; smoke rises vertically” (Smith, 2018). In a natural environment, it is highly unlikely for the wind speed to be exactly 0 m/s due to various factors such as thermal gradients, pressure differences, and local geographical features that tend to induce air movement. For the tank air quality estimations, detailed in a later section, a minimum and average wind speed of 0.28 m/s and 3.36 m/s, respectively, will be used, where both represent turbulent air flow conditions.

4.2 Leaching Circuit HCN Emission

The client-supplied data offers a comprehensive overview of conditions for the cyanide leaching tanks, summarized in Table 4-2 below. Notably, the Pyrite Concentration Tank (630-TNK-354) and the Tail Tank (630-TNK-452) exhibit the highest concentrations of free cyanide and O₂ flow rates. Therefore, these tanks serve as the basis for our estimates of HCN emission rates.

Table 4-2: Site Leaching Tank Specs and Conditions

Tag Unit	ID m	Tank H m	FB m	liq. V m ³	Flow m ³ /h	Viscosity cP	[CN ⁻] ppm	pH	Si%	S.G.	O ₂ Am ³ /h
Pyrite conc tank											
630-TNK-354	18	19.4	1	4682	438	102	350	11	40%	1.45	23.88
630-TNK-355	18	18.77	1	4522	438	102	200	11	40%	1.45	23.06
630-TNK-356	18	18.14	1	4362	438	102	200	11	40%	1.45	22.24
630-TNK-357	18	17.51	1	4201	438	102	200	11	40%	1.45	21.43
Pyrite tail tank											
630-TNK-452	12.6	15.2	0.8	1796	462	679	75	11	60%	1.64	23.88
630-TNK-453	12.6	14.72	0.8	1736	462	679	75	11	60%	1.64	23.08
630-TNK-454	12.6	14.24	0.8	1676	462	679	75	11	60%	1.64	22.29
630-TNK-455	12.6	13.76	0.8	1616	462	679	75	11	60%	1.64	21.49

Estimated HCN Liquid-Gas Mass Transfer Rate in Leach Tanks

With all the method and theories incorporated, the following are estimated results for the two leach tank systems. Assumptions incorporated into the estimation include:

- Site conditions are set at 35°C for leaching slurry, 32.5°C of maximum air temperature, 976.3Kpa for annual average atmospheric pressure.
- Leaching tank specs and process conditions for calculation are from Table 4-2.
- To ensure a conservative estimate, and for simplicity, [HCN]_{aq} shall be used in place of arithmetic concentration difference between bulk concentration (a.k.a [HCN]_{aq}) and the pseudo-equilibrium concentration at the liquid film (which will be lower than [HCN]_{aq}).

Table 4-3: Engineering Estimates Summary of the Leach Tank HCN Emission

Parameters	Units	630-TNK-354		630-TNK-452	
Liquid Phase Mass Transfer					
[HCN] _{aq}	mg/L	4.35		0.93	
N _{Sc}		3.96E+06		1.55E+08	
k _L	m/s	1.63E-07		2.17E-08	
Gas Phase Mass Transfer					
Air Velocity – Turbulent Flow	m/s	0.28	3.36	0.28	3.36
N _{Re}		313432	3761186	219403	2632830
N _{Sc}		7.57E-01	7.57E-01	7.57E-01	7.57E-01
k _G	m/s	3.76E-04	6.63E-03	4.65E-04	1.61E-03
k _{OL}	m/s	1.55E-07	1.63E-07	2.16E-08	2.17E-08
Estimated Surface Volatilization Rate	mg/m²/s	6.76E-04	7.07E-04	2.02E-05	2.02E-05
HCN Emission from Sparged Oxygen Off-Gasing					
O ₂ flow, at surface	Am ³ /h	90		82	
Estimated [HCN]_g in Oxygen Off-gas	mg/m³	39.0		8.36	
Total HCN Emission from Leach Tanks					
Total HCN Emission Rate	mg/s	1.148	1.156	0.1940	0.1940

In the analytical framework, the liquid-phase mass transfer coefficient, denoted as k_L , is calculated based on the equations and correlations discussed in Section 3 of this report. It's important to note that k_L remains constant, irrespective of the wind speed conditions affecting the gas phase. For a comprehensive understanding, we have evaluated two distinct air flow scenarios: 1) site's minimum wind speed, and 2) site's average wind speed. Interestingly, even at the site's minimum wind speed of 0.28 m/s, the air flow above the leach tank is categorized as turbulent. Our analysis indicates that under turbulent wind conditions, the overall mass transfer coefficient (k_{OL}) closely mirrors k_L . This suggests that the liquid phase becomes the rate-limiting step in the mass transfer process. Conversely, when under laminar conditions, k_{OL} is significantly lower than k_L , emphasizing that the gas phase becomes the primary bottleneck for mass transfer. To ensure no stagnation and therefore having the laminar flow regime dominate, we recommend implementing strategies to prevent the formation of stagnant air zones above the leach tanks. This is particularly crucial for mechanical compartments that operators may access intermittently, as well as for rooms housing instrumentation.

It's important to highlight that the calculated values for the overall volumetric mass transfer coefficient (K_{OL}) are designed explicitly for estimating surface volatilization of HCN from leach tanks. These estimates should not be confused with the HCN concentrations found in the oxygen off-gas, a subject extensively discussed in Section 3 of this report. To obtain a comprehensive understanding of total HCN emissions, both of these components—surface volatilization and oxygen off-gas concentrations—must be summed. Within the specific operational context of the Horne 5 Project's leaching tanks, it is essential to note that the bulk of the total cyanide emissions stem from the sparged oxygen off-gas. These aggregated HCN emission rates are provided to the client for incorporation into air dispersion models like AERMOD, thereby facilitating the environmental compliance assessment.

HCN Concentration Above Leach Tank

Building on the modeling outcomes, a preliminary estimation of airborne HCN concentrations above the leach tanks has been conducted, assuming a linear concentration gradient for illustrative purposes. It's crucial to understand that this linear gradient model gives a conservative estimate under turbulent airflow conditions, where air eddies introduce complexities in the dispersion pattern, rendering the HCN concentration gradient nonlinear. Thus, this analysis serves as a benchmark estimate. For the Horne 5 Project site's typical wind speeds, the utilization of a sophisticated air dispersion model is recommended for a more precise estimate of airborne HCN concentrations at the project's compliance point.

The diagrams included in this section elucidate the changes in airborne HCN concentrations relative to varying heights above the liquid surface of leaching tanks. To cater to different operational conditions, multiple wind speed scenarios are distinctly represented as separate curves on the graphs. Furthermore, both short-term (4-minute) and long-term (annual) regulatory HCN concentration limits are explicitly indicated on these graphical representations to facilitate straightforward interpretation and compliance assessment.

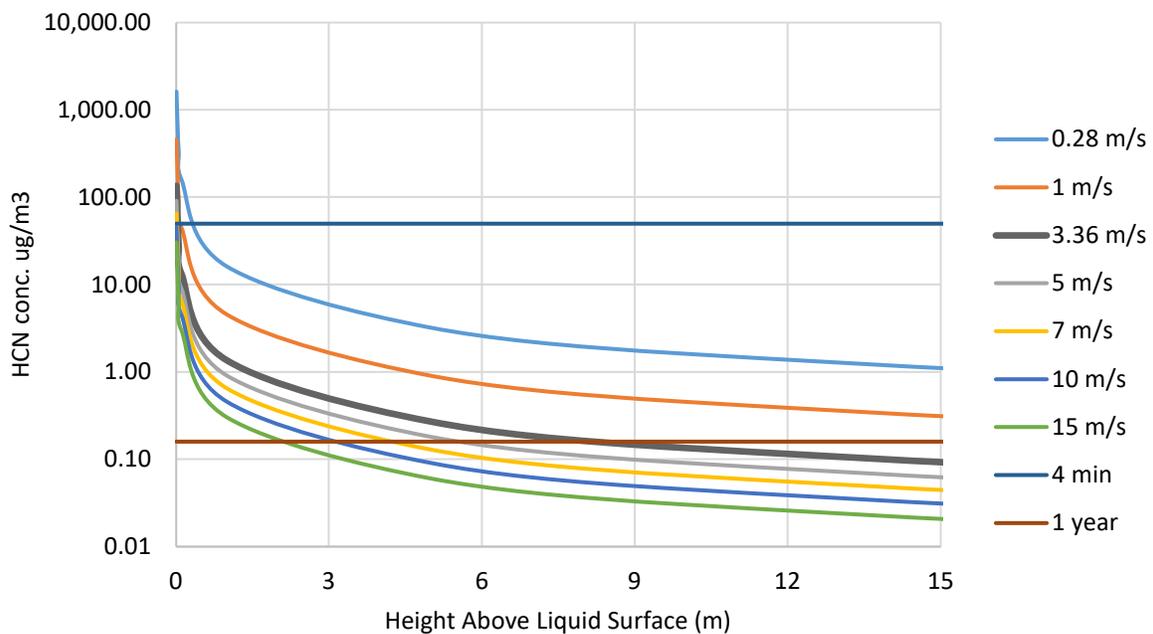


Figure 4-1: Pyrite Conc Leach Tank Above-Tank [HCN] Estimation with Various Wind Speed

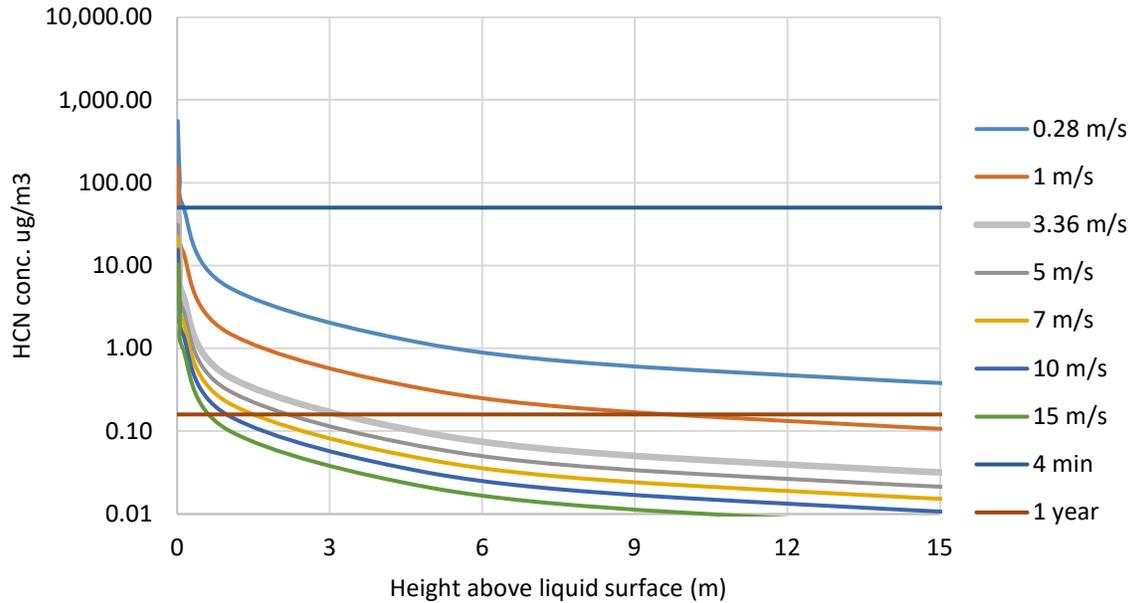


Figure 4-2: Pyrite Tail Leach Tank Above-Tank [HCN] Estimation with Various Wind Speed

Based on the figures above, the following estimations for air HCN concentrations above the leach tanks are summarized:

- For the pyrite concentrate tanks (630-TNK-354):
 - For the average wind speed of 3.36 m/s, a height of approximately 8 m above the tank’s liquid surface should meet the annual limit.
 - For the minimum wind speed of 0.28 m/s, the 4-minute maximum threshold is achieved at only ~0.25 m above the tank.
- For the pyrite tail tanks (630-TNK-452):
 - For the average wind speed of 3.36 m/s, a height of approximately 3 m above the tank’s liquid surface should meet the annual limit.
 - For the minimum wind speed of 0.28 m/s, the 4-minute maximum threshold is achieved at near the liquid surface (<0.1 m above the tank).

4.3 Tailings Storage Facility HCN Emission

TSF HCN emissions present a distinct set of challenges compared to the leach tanks, primarily attributable to two key differences:

1. TSFs encompass various zones with differing solid contents, slurry rheology, and flow characteristics. These variations introduce complexities in estimating HCN mass transfer rates, making it more challenging to model the system dynamically.
2. Unlike leaching tanks, TSF generally possess quiescent liquid surfaces exposed to external factors such as UV radiation and bacterial degradation of cyanide species. Additionally, these facilities often maintain lower solution temperatures.

Given the limited data available, our approach combines theoretical frameworks with a series of assumptions to formulate recommendations pertinent to TSF HCN emissions. Data from the TSF solution can be summarized in the table below:

Table 4-4: TSF Solution Parameters

TSF Parameters	Units	Values
CN _{WAD}	mg/L	2
CN _T	mg/L	4.04
Cu	mg/L	0.97
Fe	mg/L	0.73
Zn	mg/L	0.08
SCN	mg/L	194
pH	mg/L	9
Temp.	°C	15
CN, free	mg/L	0.69

According to the measurement data and simple calculations, the cyanides of different species have a closed balance, the free cyanide estimated in the solution is around 0.7 mg/L.

Quiescent Liquid Surface Emissions

Liquid surfaces that are quiescent, in general, should account for the majority area of the TSF. Based on the conditions detailed in Table 3-5, the following are estimated unit area emission rates. Assumptions made are as follows:

1. Though having a quiescent liquid surface, the linear velocity of the flow in the TSF is assumed to be 0.0001 m/s.
2. The Characteristic length for the flat plate correlation is assumed of 1m.
3. Water temperature is assumed at 20°C for higher temperature favors HCN volatilization thus is more conservative, while air temperature is assumed at site maximum, 32.5 °C.

Table 4-5: Quiescent TSF Emission Estimate, Steady State

Parameters	Units	TSF, Water Surface	
Liquid Phase Mass Transfer			
[HCN] _{aq}	mg/L	0.44	
N _{Sc}		5.83E+02	
k _L	m/s	9.27E-08	
Gas Phase Mass Transfer			
Air Velocity – Turbulent Flow	m/s	0.28	3.36
N _{Re}		17413	208955
N _{Sc}		7.57E-01	7.57E-01
k _G	m/s	1.65E-03	5.72E-03
k _{OL}	m/s	9.15E-08	9.23E-08
Estimated Mass Transfer Rate	mg/m²/s	4.04E-05	4.08E-05

Utilizing a methodology similar to the one employed for leach tank estimations, we have calculated the mass transfer rate and overall mass transfer coefficient for the TSF based on varying airflow rates and specific site conditions. An air dispersion model is indispensable for determining the total air volume, which is a critical variable in estimating the concentration of HCN in emitted air.

The estimation methodology employed here focuses on mass transfer kinetics, effectively isolating variables such as UV radiation and bacterial degradation of cyanide species, which could be considered as 'noise' in the system. It's crucial to note that this method is best suited for liquid volumes in a relatively steady state, characterized by consistent inflow and outflow rates from the TSF, and thereby, a stable cyanide concentration. For ponds that operate more as closed systems, a comprehensive in-and-out mass balance approach is recommended, given that the total mass of cyanide in such systems is finite.

HCN Concentration Above TSF Water Surface

Continuing with the methodology previously employed for the leach tanks, we have extended our mass transfer estimates to the water surfaces of the TSF. The results of this analysis are encapsulated in the following diagram.

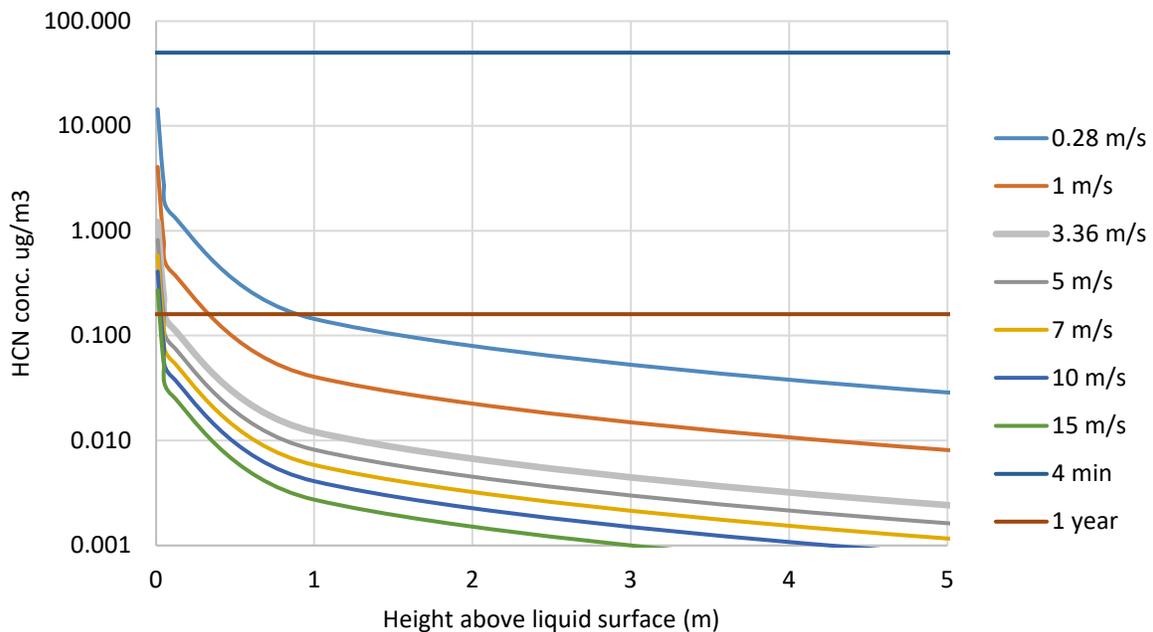


Figure 4-3: Above TSF Water Air Quality Estimation with Various Wind Speed

For the TSF water surface, our calculations indicate varying HCN concentration levels based on wind speed conditions. Under site's minimum wind speed scenarios, the airborne HCN concentrations are projected to meet the annual regulatory threshold at a height of less than 1 meter above the liquid level. In the case of average wind speed conditions (3.36 m/s), compliance with the annual limit is anticipated to be achieved almost immediately above the liquid surface.

Tailings Area with Low Moisture Content

Areas within the TSF exhibiting low moisture content tend to have significantly reduced HCN mass transfer coefficients. Generally speaking, moisture content below 40% typically manifests as wet sludge, whereas levels below 30% may exhibit thixotropic behavior. Even lower moisture levels can result in what is commonly referred to as a 'dry beach' within the TSF. Furthermore, the moisture content not only represents the effect of solid, but also effect of freezing due to low temperature. While empirical data on this subject is somewhat limited, Lotter (2006) has reported measured mass transfer coefficients across different areas within the TSF. This information is summarized in the table below for reference:

Table 4-6: TSF HCN Mass Transfer Data Measured by Lotter, 2006

Measurement Point	Moisture Content, %	Measured K_{ol} , m/h
1	41.5	0.00004
2	36.2	0.00008
3	36.2	0.00006
4	19.3	0.00007
5	19.3	0.00006
6	26.1	0.00036

Several factors could potentially introduce significant errors into the measurements for this endeavor, thereby reducing the credibility of the results. For example:

1. The accuracy of cyanide measurements tends to decline at concentrations below 0.01 ppm. Given that we are dealing with cyanide concentrations at the ppb level in this study, the measurement error could be exacerbated.
2. Classification of moisture content poses challenges, particularly when obtaining on-site samples. As demonstrated in the fundamental principles, liquid surfaces, regardless of their size, exhibit mass transfer rates that are orders of magnitude higher than those for sludgy surfaces containing solids.

Based on these considerations, utilizing kinetic mass transfer rates as the basis for estimating cyanide emissions from low-moisture content TSFs may not yield accurate results for the following reasons:

1. Given the low flowability of slurry with low moisture content in TSFs, these could essentially be considered closed systems for the purposes of our estimation, where the total cyanide content is finite.
2. It's highly likely that only the top surface layer of the slurry is subjected to volatilization, while hydrogen cyanide molecules at deeper layers may be trapped within the interstitial spaces of the solids.

In light of these considerations, our recommendation for estimating cyanide emissions in low-moisture content areas of the TSF is to adopt a mass balance approach. Specifically, the mass balance approach would entail accounting for the total free cyanide content in the solution phase and assuming its release over an infinite time frame. Metal-associated cyanides—linked to elements such as Copper, Zinc, or Iron—are not considered pertinent to this estimation for two primary reasons. Firstly, these complexes tend to dissociate at pH levels that are generally lower than those found in TSF solutions. Secondly, they

are susceptible to both UV oxidation and bio-oxidation processes (in a prolonged timeframe), which would ultimately convert them into cyanate species.

5. Conclusion and Recommendations

In this memorandum, we have comprehensively dissected the multifaceted issues concerning Hydrogen Cyanide (HCN) emissions for the Horne 5 Project. The analysis is built upon chemical engineering tenets, enriched with empirical data, and further fine-tuned by the inclusion of climatic variables. Below are the salient insights and recommendations extracted from the primary sections of our rigorous analysis:

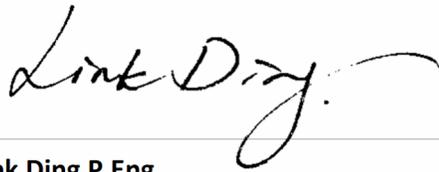
1. **Foundational Principles:** The interplay of Hydrogen Cyanide Equilibrium in the aqueous phase, Henry's Law, and the Two-Film Theory serves as the bedrock of our approach. These principles not only facilitate a deeper understanding of HCN emissions but also underpin our kinetic models and mass transfer equations. Modelling results align well with our experience as well as measurement data from literature references.
2. **Climate Data Analysis:** The supplied meteorological data was analyzed to comprehend the site's temperature and wind speed variations. Key points include:
 - The site's air temperature demonstrates significant seasonal fluctuations, spanning from extreme lows of -40°C in winter to peaks of 32.5°C in summer. Monitoring these temperature variations is crucial due to their direct impact leaching and TSF solution temperatures, and air temperatures.
 - The site exhibits minimal monthly wind speed variations, with an average speed ranging from 3 to 4 m/s.
3. **Leaching Tank HCN Emissions:** Our methodology harmonizes theoretical underpinnings with empirical data to deduce HCN emissions from leaching tanks. Utilization of mass transfer correlations, specifically designed for agitated systems, ensures alignment with operational conditions. Key findings include:
 - At the site's average wind speed of 3.36 m/s, the estimated HCN volatilization rate for the pyrite concentrate tank (630-TNK-354) is $7.07\text{E-}04$ mg/m²/s, while the pyrite tail tank (630-TNK-452) registers at $2.02\text{E-}05$ mg/m²/s.
 - Based on the provided aeration flowrate of the leach tanks, the estimated HCN emission rate from the oxygen off-gas for the pyrite concentrate tank (630-TNK-354) is 0.98 mg/s, while the pyrite tail tank (630-TNK-452) is calculated to be 0.19 mg/s.
 - Under the same conditions, the total cyanide emission rates have been calculated by summing the contributions from both surface HCN volatilization in the leach tanks and HCN in the oxygen off-gas. For the pyrite concentrate tank (630-TNK-354), the aggregate HCN emission rate is computed to be 1.16 mg/s. For the pyrite tail tank (630-TNK-452), the total HCN emission rate is determined to be 0.194 mg/s.
 - HCN concentrations in the air above tank are estimated based on linear gradient assumption, Air dispersion modelling is required to further refine the estimation based on the mass transfer analysis from this study.
4. **Tailings Storage Facility HCN Emissions:** Given the dynamic nature and complex variables associated with TSF, we caution against over-reliance on kinetic models for estimating emissions from the low-moisture surfaces. Noteworthy conclusions are:

BQE Water

- At an average wind speed of 3.36 m/s, the estimated HCN mass transfer rate for quiescent liquid surfaces is $4.08\text{E-}05$ mg/m²/s.
- For low-moisture areas within the TSF, we advocate adopting a mass balance approach centered around the total free cyanide content in the solution phase for a more accurate emission estimate.

Letter of Attestation

This document has been created by professional engineers registered in the province of BC with EGBC. We attest that the information contained within is accurate to the best of our knowledge and experience.



Link Ding P.Eng.
Sr Process Engineer
EGBC Registration #: 54848



Brent Baker, P.Eng
VP, Engineering
EGBC Registration #: 39812

References

Jones, Sarah. "Toxicity of Cyanide Compounds: Implications for Occupational Health." *Journal of Occupational Health*, vol. 57, no. 3, 2015, pp. 205-211.

Williams, Emily. "Regulatory Limits on Cyanide: A Review." *Environmental Science and Policy*, vol. 92, no. 1, 2019, pp. 123-130.

Estay, Humberto, et al. "Predicting HCN Gas Generation in the SART Process." *Hydrometallurgy*, vol. 113-114, 2012, pp. 131-142.

Sander, R. "Compilation of Henry's Law Constants, Version 3.99." *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, vol. 14, 2014, pp. 29615-30521, doi:10.5194/acpd-14-29615-2014.

Cussler, *Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems*, Cambridge, 1984.

Estay, Humberto. "Estimating the Hydrogen Cyanide Generation: Thermodynamics and Mass Transfer." University of Chile, Chapter, January 2013,

Cussler, E. *Diffusion: Mass Transfer in Fluid Systems*, ISBN 978-0-521-87121-1; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2009.

Lotter, N. "Cyanide Volatilization from Gold Leaching Operations and Tailing Storage Facilities." Master's Thesis, Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, 2006.

Klotz, I.; Miller, D. *J Am Chem Soc.* 1947, 69(10), 2557-2558

Smith, John A. "Chapter 7: The Beaufort Wind Scale and Its Applications." *Meteorology: Principles and Applications*, 3rd ed., Cambridge University Press, 2018, pp. 145-160.

Green, Don W., and Robert H. Perry, editors. "Perry's Chemical Engineers' Handbook." 9th ed., McGraw-Hill Education, 2018.

Simovec, L., et al. "Development of a Model to Describe the Natural Degradation of Cyanide in Gold Milling." *Conference on Cyanide and the Environment*, Tucson, Arizona, 1984.

Simovec, L., and W.J. Snodgrass. "Natural Removal of Cyanides in Gold Mill Effluents – Evaluation of Removal Kinetics." *Water Pollution Research Journal Canada*, vol. 2, no. 2, 1985, pp. 120-133.

ADDENDA AU MÉMORANDUM

Client : Ressources Falco Ltée

Projet : Projet – Horne 5

Objet : Réponses aux questions soulevées par le
Mémorandum de BQE Water « Étude d'ingénierie
concernant les émissions de gaz HCN provenant des
réservoirs de lixiviation pour le projet Horne 5 de
Ressources Falco Ltée »

Date : 1er novembre 2023

Destinataire : Hélène Cartier, Christian Laroche, Annie Beaulieu

c. c. : Julien Poirier

Cet addenda est la réponse formelle de BQE Water aux révisions et commentaires de notre client, Ressources Falco Ltée (Falco) et de leur consultant, WSP, dans le contexte de l'estimation des émissions de cyanure d'hydrogène (HCN) du projet Horne 5. Après un examen théorique complet des nouvelles références académiques et industrielles de l'industrie, la position de BQE est le maintien de la validité de la méthodologie utilisée dans l'étude d'ingénierie initiale. Les sections suivantes contiennent nos réponses détaillées aux commentaires et questions soulevés, chaque sous-section se rapportant à une question spécifique.

1.1 Ventilation plus poussée du taux de transfert de masse calculé en fonction de la vitesse du vent

À la demande de WSP, le tableau 1 donne des données additionnelles qui détaillent le taux de transfert de masse global (MTR) dans toute une gamme de conditions de vitesse du vent, en particulier celles qui dépassent la vitesse moyenne du vent au site. Il convient de noter que ce MTR de HCN global représente un taux d'émission calculé, par unité de surface et par unité de temps qui fusionne la volatilisation de surface provenant des réservoirs de lixiviation et les concentrations de HCN dans les dégagements gazeux d'oxygène. Ces données supplémentaires permettent d'enrichir la compréhension des émissions de HCN pertinente au projet Horne 5 et ne sont en rien contradictoires avec les informations partagées précédemment dans le mémorandum initial.

Afin de clarifier quelque peu les résultats, le principe fondamental véhiculé dans le mémorandum est que le taux de transfert de masse global est régi par deux phases distinctes, soit la phase liquide et la phase gazeuse. Dans des conditions de faible vitesse du vent, où l'écoulement de l'air peut être qualifié de laminaire (c'est-à-dire un écoulement d'air calme, ou 0,001 m/s), l'étape limitant le taux est celle du transfert de masse en phase gazeuse. Inversement, dans des conditions d'écoulement d'air turbulent (tous les débits présentés supérieurs à 0,28 m/s), c'est le transfert de masse de la phase liquide qui devient le facteur limitant. Comme l'illustre le tableau ci-dessus, ainsi que le tableau 4-3 du mémorandum, la vitesse du vent peut améliorer le taux de transfert de masse global seulement jusqu'à un certain point. Une fois que la phase liquide devient l'élément limitant, les augmentations subséquentes de la vitesse du vent cessent d'avoir un impact sur l'augmentation du taux de transfert de masse global.

Tableau 1 Masse de transfert calculée (MTR) à différentes vitesses de vent

Vitesse du vent	m/s	0,28	3,36	5	7	10	15
Réservoir de concentrés de pyrite (630-TNK-354)							
MTR _{HCN}	mg/m ² /s	0.00451	0.00454	0.00454	0.00454	0.00454	0.00454
	mg/m ² /h	16.24	16.35	16.35	16.35	16.35	16.35
Réservoir de résidus de flottation (630-TNK-452)							
MTR _{HCN}	mg/m ² /s	0.00156	0.00156	0.00156	0.00156	0.00156	0.00156
	mg/m ² /h	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
Eau de surface des IGRM							
MTR _{HCN}	mg/m ² /s	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.0000409
	mg/m ² /h	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

1.2 Nécessité d'inclure la vitesse des vents extrêmement faibles dans l'étude

Puisque les réservoirs de lixiviation sont agités et aérés, il est peu probable qu'une situation « calme » se produise. Cependant, notre présentation des conditions de faible vitesse du vent, plus particulièrement à 0.001 m/s a été incluse dans la discussion pour servir de condition limite supérieure théorique de la concentration de HCN et n'était pas dans le but de considérer que cette situation est un scénario probable. Toutefois, suivant les commentaires de WSP sur le fait que cette situation a été ignorée lorsque le logiciel AERMOD a été utilisé, BQE Water retire ces conditions de flux laminaire de la révision actualisée de la note (rev 1) afin d'éliminer toute incertitude potentielle de la part des régulateurs.

1.3 Nos commentaires sur le manuel NPI

Le manuel technique d'estimation des émissions, provenant de la base de données australienne National Pollutant Inventory (NPI), sert de cadre complet pour le contrôle des émissions dans l'industrie du traitement de l'or. Le manuel couvre un large éventail de types d'émissions, y compris les métaux, les poussières et les disulfures de carbone. Il traite également des émissions provenant d'une variété de processus et de conditions d'installations tels que la lixiviation, l'absorption du carbone et les installations de gestion des résidus miniers (IGRM). Le manuel s'appuie sur la littérature et des données d'essais empiriques, ce qui en fait la référence par défaut pour les contrôles d'émissions dans le contexte australien. En ce qui concerne plus spécifiquement les émissions de cyanure, le manuel décrit plusieurs méthodologies pour nos discussions.

1.3.1 Méthode du bilan de masse

En accord avec la section 5.2.2 du manuel technique de l'estimation des émissions du NPI (où NPI est un organisme de réglementation australien), une méthode de bilan de masse est recommandée pour estimer les émissions de cyanure, mais avec des exigences strictes pour son application. Des mesures précises de tous les flux d'entrée et de sortie de cyanure sont essentielles pour la validité de cette méthode. Toutefois, en l'absence de données complètes de mesure du cyanure, le manuel suggère qu'une perte totale de cyanure de 1 % peut servir d'estimation des pertes d'émissions dans les circuits de lixiviation. Notre examen nous a permis de formuler les commentaires suivants :

1. Une omission critique dans la méthode de bilan de masse, comme décrit plus haut, est l'absence de prise en compte de la formation des espèces de cyanate et de thiocyanate. La formation du thiocyanate est particulièrement importante lors de la présence de minéraux sulfurés dans le processus de lixiviation de l'or. De même, la dégradation de diverses espèces de cyanure entraîne principalement la formation de cyanate. Ces deux

espèces doivent être prises en compte si l'on veut effectuer un bilan de masse complet. Sans tenir compte de ces espèces supplémentaires consommant du CN, l'estimation du HCN pourrait être exagérée.

2. La recommandation de tenir compte d'une perte de cyanure de 1 % dans les circuits de lixiviation provient d'une étude de Heath *et al.*, publiée en 1998. Ce 1 % est intrinsèquement lié aux conditions spécifiques de lixiviation examinées dans cette étude, y compris un pH de 8,5 à 9,5 ainsi que d'autres paramètres opérationnels inconnus ou non divulgués, tels que la densité et la viscosité de la boue, le pourcentage de matières solides, la teneur en eau de la boue et la conception du système d'agitation. En conséquence, cette estimation de 1 % n'est pas applicable de façon universelle et doit être utilisée avec précaution dans différents contextes opérationnels.

En résumé, nous affirmons qu'un bilan de masse complet est une approche précise pour estimer les émissions de HCN. Toutefois, la complexité introduite par la nécessité de mesurer et de surveiller de multiples espèces de cyanure ainsi que le potentiel d'erreurs de mesure entre les espèces ajoute un défi additionnel à la méthode du bilan de masse.

1.3.2 Formule empirique pour l'estimation des émissions de HCN dans les réservoirs de lixiviation

La section 6.2.1 du manuel technique de l'estimation des émissions du NPI présente une équation empirique pour les pertes d'émissions spécifiques au site, dérivé de la recherche réalisée par Heath *et al.* en 1998, remplaçant la valeur de 1 % d'estimation des pertes qui est plus global. L'équation présentée est le résultat d'études expérimentales spécifiques aux conditions étudiées dans leur recherche.

$$E = (0.013 * HCN_{(aq)} + 0.46) * A * T * 0.96/1000 \quad \text{Eq.X1}$$

Où,

- E = Émission de CN (kg)
- $HCN_{(aq)} = [NaCN] \times 10^{(9,2 - pH)}$
- [NaCN] = la concentration de NaCN dans le réservoir de lixiviation/absorption, en mg/L
- pH = pH dans le réservoir de lixiviation/absorption
- A = Surface de la zone (m²) dans le réservoir de lixiviation/absorption
- T = Période des émissions (heures)

Il est essentiel de reconnaître que, même si les modèles empiriques peuvent fournir des données inestimables, leur utilité est généralement limitée aux conditions opérationnelles spécifiques avec lesquelles l'étude originale a été réalisée. Ainsi, toute tentative d'extrapolation de ces modèles à d'autres scénarios opérationnels ou à d'autres systèmes doit être envisagée avec prudence. Plusieurs facteurs inhibent l'adoption de l'équation ci-dessus pour le projet Horne 5. Pour une meilleure compréhension, nous avons inclus des tableaux et des diagrammes provenant de l'article original de Heath et coll. dans la section des informations complémentaires à la fin de cet addenda.

1. Dans le modèle empirique formulé par Heath *et al.*, les conditions de lixiviation étaient très spécifiques, notamment en ce qui concerne le pH. Celui-ci avait une valeur allant de 8,5 à 9,5. Un tel pH amplifie intrinsèquement la concentration de la phase aqueuse du HCN, un déterminant clé dans la cinétique du transfert de masse (voir la section 3 du mémo pour la discussion concernant le pKa du HCN). D'autres paramètres opérationnels non divulgués ou non spécifiés tels que la densité de la boue, la viscosité, le pourcentage de solides, la conception du système d'agitation et le taux d'aération confinent davantage l'application de l'équation empirique. Ainsi, cette méthode devrait n'être utilisée que pour des situations avec des conditions très analogues. Malheureusement, la plupart des conditions du processus n'ont pas été détaillées dans le papier de Heath et coll. et celles qui y ont été décrites ne correspondent pas aux conditions du projet Horne 5.

Traduction non officielle du contenu du document original anglais

- Des clarifications sont justifiées concernant l'interprétation de l'équation « $HCN_{(aq)} = [NaCN] \times 10^{(9,2 - pH)}$ » du CSIRO. Cette relation semble être représentée de manière incorrecte dans leur documentation. L'équation correcte pour dériver le $[HCN_{(aq)}]$ du $[CN]$ est désignée par Eq.X2, ci-dessous.

$$[HCN]_{(aq)} = \frac{CN_{free}}{1 + \frac{1}{10^{(pKa - pH)}}} * \frac{M_{HCN}}{M_{CN}} \quad \text{Eq.X2}$$

Où,

- CN_{free} correspond au cyanure libre mesuré dans la solution, mg/L
- M est le poids de la molécule des espèces spécifiques, g/mol
- $[HCN]$ est exprimé comme du cyanure d'hydrogène, mg/L
- D'après l'équation, on peut voir que le $[HCN]$ est calculé depuis la concentration de cyanure en terme de CN et non NaCN, alors que la formule de référence exprime HCN en termes de NaCN. Plus particulièrement, 1 g de HCN équivaut approximativement à 1,81 g lorsqu'exprimé en NaCN. Par conséquent, en utilisant l'expression eqX1 telle qu'écrite pourrait donner une valeur 81 % plus élevée qu'elle devrait. Pour les besoins du calcul des émissions atmosphériques il est essentiel de reconvertir ces valeurs en HCN pour ne pas reporter une valeur significativement élevée.

1.3.3 Émissions de cyanure provenant des IGRM

La méthode pour estimer les émissions de cyanure provenant des IGRM, telle que décrite à la section 6.2.2 du manuel du NPI, emploie essentiellement une approche du bilan de masse modifié. La table fournie dans le manuel est conceptuellement similaire au calcul des concentrations de cyanure d'hydrogène sur la base des valeurs de pKa, sujet couvert à la section 3 de notre mémorandum ainsi que dans cet addenda. Toutefois, il convient de noter que la table offre une résolution plus faible que les calculs dérivés des valeurs pKa. En conséquence, pour des estimations plus précises, il serait souhaitable de s'appuyer sur les calculs basés sur le pKa, tels que ceux fournis dans notre mémo.

Conclusion

Le présent addenda a pour objet de répondre aux demandes de renseignements et d'informations supplémentaires qui nous ont été communiquées depuis la publication du mémorandum initial. Nous avons examiné les commentaires de révision et les données nouvellement acquises et nous réaffirmons la validité de notre méthode d'ingénierie pour les estimations des émissions de cyanure d'hydrogène (HCN) dans le contexte du projet Horne 5. Sur la base des fondements théoriques, nous maintenons que notre approche est robuste. Le présent addenda doit être lu conjointement avec le mémorandum original pour une meilleure compréhension des estimations des émissions de HCN du projet.

Informations complémentaires

Les tableaux et diagrammes qui suivent proviennent de l'étude originale menée par Heath *et al.* (tableau et figure originaux non traduits), afin de souligner les conditions spécifiques dans lesquelles les mesures des émissions de HCN ont été effectuées. Entre autres, les niveaux de pH dans les réservoirs de lixiviation au cours de ces tests se situaient entre 8,5 et 9,5. L'étude utilise un modèle de régression linéaire pour corrélérer les émissions de HCN dans ces conditions particulières. Il est donc impératif de faire preuve de prudence lors de l'application de ce modèle de régression à d'autres sites et à d'autres contextes opérationnels, car il n'est pas universel.

TABLE 2 Raw data from Figures 7,11 & 12

	measured pH	CN ⁻ (mg L ⁻¹ NaCN)	HCN _(aq) (mg L ⁻¹ NaCN)	Total HCN _(g) evolution		HCN _(g) removed by O ₂	
				centre position (g m ⁻² hr ⁻¹)	perimeter position (g m ⁻² hr ⁻¹)	centre position (g m ⁻² hr ⁻¹)	perimeter position (g m ⁻² hr ⁻¹)
pH set-point 9.0, dup 1							
Tank A	9.46	234	88	3.34	2.12	0.44	0.08
Tank B	9.42	191	86	1.53	1.91	0.13	
Tank C	9.35	159	88	1.75	2.40		0.24
Tank D	9.30	141	82	1.13	0.94		
Tank E	9.26	115	59	1.04	1.57		
Tank F	9.21	91	64	1.64	1.00		
pH set-point 9.0, dup 2							
Tank A	9.32	218	88	3.05	2.00	0.52	0.10
Tank B	9.10	189	112	1.70	1.65	0.10	
Tank C	9.05	140	106	2.08	1.28		0.25
Tank D	8.99	135	72	1.35	1.80		
Tank E	8.94	110	71	0.92	2.54		
Tank F	8.91	105	67	1.38	1.07		
pH set-point 8.85, dup 1							
Tank A	9.17	187	126	4.43	3.03	0.52	0.22
Tank B	8.97	106	114	2.73	3.28	0.19	
Tank C	8.92	96	115	2.28	2.21		0.20
Tank D	empty	empty	empty	empty	empty		
Tank E	8.82	89	135	2.28	0.89		
Tank F	8.84	76	110	1.49	1.16		
pH set-point 8.85, dup 2							
Tank A	9.33	154	56	2.68	2.18	0.44	0.12
Tank B	9.08	123	84	1.59	1.16	0.06	
Tank C	9.05	93	57	1.84	1.81		0.16
Tank D	8.91	70	74	0.79	1.36		
Tank E	8.89	72	60	2.13	1.21		
Tank F	8.81	69	86	1.98	1.44		
pH set-point 8.7, dup 1							
Tank A	8.80	120	232	5.62	4.49	0.59	0.23
Tank B	8.76	96	207	2.82	3.72	0.12	
Tank C	8.72	77	168	3.05	3.72		0.38
Tank D	8.72	73	135	1.37	2.25		
Tank E	8.71	60	135	2.52	1.57		
Tank F	9.18	122	74	1.57	1.67		
pH set-point 8.7, dup 2							
Tank A	8.94	194	230	8.44	5.62	1.64	0.54
Tank B	8.92	125	230	5.27	4.59	0.15	
Tank C	8.77	78	214	3.42	3.37		0.37
Tank D	8.69	70	169	2.35	2.00		
Tank E	8.65	60	146	1.67	1.90		
Tank F	8.57	45	132	2.27	1.57		

Figure 1 Tableau tiré de Heath *et al.*, 1998.

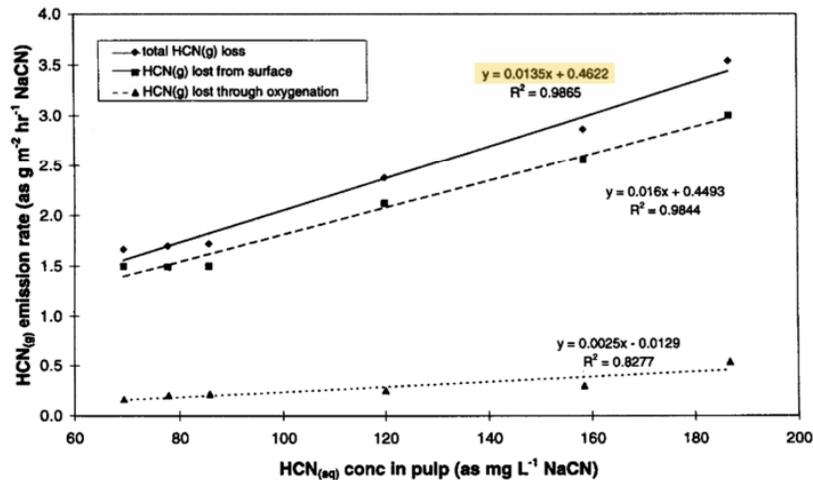


Figure 2 Diagramme tiré de Heath *et al.*, 1998.

Addendum to MEMORANDUM

TO: Hélène Cartier, Christian Laroche, Annie Beaulieu
 CC: Julien Poirier
 FROM: Link Ding, P.Eng, Brent Baker, P.Eng.
 DATE: November 1, 2023
 SUBJECT: **BQE Water’s Response to Questions Raised Regarding BQE’s Memorandum “Engineering Study of Leach Tank HCN Gas Emissions from Falco Resource’s Horne 5 Project”**

This addendum is BQE Water’s formal response to review comments from our client, Falco Resources, and their consulting partner, WSP, in the context of the Horne 5 Project's efforts to estimate Hydrogen Cyanide (HCN) emissions. Following a comprehensive theoretical review of new academic and industry references, it is BQE’s position that the validity of the methodology utilized in our initial engineering study has been maintained. The following sections contain our detailed responses to the comments and questions raised, with each subsection relating to a specific question raised.

1.1 Further Granularity of Calculated Mass Transfer Rate with respect to Wind Speed

Per WSP’s request, Table 1 gives additional data detailing the overall HCN Mass Transfer Rate (MTR) across a spectrum of wind speed conditions, particularly those exceeding the site's average wind speed. It should be noted that this overall HCN MTR represents a computed, unit-area and unit-time emission rate that amalgamates both surface volatilization from the leach tanks and HCN concentrations in the oxygen off-gas. This supplementary data serves to enrich the understanding of HCN emissions pertinent to the Horne 5 Project and is in no way incongruent with the information shared previously in the initial memorandum.

Table 1: Calculated Mass Transfer Rate (MTR) at Various Wind Speed

Wind Speed	m/s	0.28	3.36	5	7	10	15
Pyrite Concentrates Tank (630-TNK-354)							
MTR _{HCN}	mg/m ² /s	0.00451	0.00454	0.00454	0.00454	0.00454	0.00454
	mg/m ² /h	16.24	16.35	16.35	16.35	16.35	16.35
Pyrite Tail Tank (630-TNK-452)							
MTR _{HCN}	mg/m ² /s	0.00156	0.00156	0.00156	0.00156	0.00156	0.00156
	mg/m ² /h	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
TSF Water Surface							
MTR _{HCN}	mg/m ² /s	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.0000409
	mg/m ² /h	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

To clarify the results somewhat, the fundamental principle conveyed in the memorandum is that the overall mass transfer rate is governed by two distinct phases: the liquid and the gas phase. In conditions

of low wind speed, where airflow can be characterized as laminar (i.e. calm airflow, or 0.001 m/s), the rate-limiting step is the mass transfer in the gas phase. Conversely, under turbulent airflow conditions (all flows presented above 0.28 m/s), it is the liquid phase mass transfer that becomes the rate-limiting factor. As illustrated in the above table, as well as Table 4-3 of the memo, wind speed can only enhance the overall mass transfer rate up to a certain point. Once the liquid phase becomes the bottleneck, further increases in wind speed cease to have an impact on augmenting the overall mass transfer rate.

1.2 The Necessity of Including Extreme Low Wind Speed to the Study

Given the fact that these leach tanks are agitated and aerated, it is unlikely that this “calm” situation will arise. However, our presentation of low wind speed conditions, specifically at 0.001 m/s, was included in the discussion to act as a theoretical upper boundary condition of HCN concentration and was not meant to imply that this situation is a likely scenario. However, based on WSP’s comments of this being ignored when running the AERMOD software, BQWE removed this laminar flow condition from the updated revision of the memo (rev 1) to remove any potential uncertainty from the regulators.

1.3 Our Comments on the NPI Manual

The Emission Estimation Technique Manual, published by Australia’s National Pollutant Inventory (NPI), serves as a comprehensive framework for controlling emissions in the gold processing industry. The manual covers a broad spectrum of emission types, including metals, dusts, and carbon disulfides, among others. It also addresses emissions from a variety of facility conditions and processes such as leaching, carbon absorption, and Tailings Storage Facilities (TSFs). The manual is underpinned by a robust body of literature and empirical testwork data, making it the default reference for emission controls within the Australian context. Specifically, when it comes to cyanide emissions, the manual outlines several methodologies for our discussions:

1.3.1 Mass Balance Method

In accordance with Section 5.2.2 of the NPI’s Emission Estimation Technique Manual (where NPI is an Australian regulatory body), a mass balance method is recommended for estimating cyanide emissions, albeit with stringent requirements for its application. Accurate measurements of cyanide in all input and output streams are essential for the validity of this method.

However, in the absence of comprehensive cyanide measurement data, the manual suggests a 1% total cyanide loss can serve as an estimate for emission losses in the leaching circuit.

From our review, we have the following comments:

1. A critical omission in the mass balance method, as described above, is the failure to account for the formation of thiocyanate and cyanate species. Thiocyanate formation is especially significant in gold leaching in the presence of sulfide minerals. Likewise, the degradation of various cyanide species predominantly results in the formation of cyanate. Both of these species need to be accounted for in order to conduct a comprehensive mass balance. Without accounting for these additional species consuming CN, estimation of HCN emissions could be exaggerated.
2. The recommendation to account for a 1% loss of cyanide in the leaching circuit originates from a study by Heath et al., published in 1998. This 1% figure is intrinsically tied to the specific leaching conditions examined in that research, including a pH range of 8.5-9.5 and other unknown or undisclosed operational parameters such as slurry density and viscosity, solids percentage, and

agitation design. Consequently, this 1% estimate lacks universal applicability and should be applied with caution in different operational contexts.

In summary, we affirm that a comprehensive mass balance remains an accurate approach for estimating HCN emissions. However, the complexity introduced by the need to measure and monitor multiple cyanide species, along with the potential for measurement errors across these species, adds an additional layer of challenges to the mass balance method.

1.3.2 Empirical Formula for HCN Emission Estimation in Leach Tank

Section 6.2.1 of NPI's Emission Estimation Technique Manual presents an empirical equation for site specific emissions losses, derived from the research carried out by Heath et al. in 1998, in place of the broader 1% loss estimate. The equations presented are the result of experimental studies specific to the conditions investigated in their research.

$$E = (0.013 * HCN_{(aq)} + 0.46) * A * T * 0.96/1000 \quad \text{Eq.X1}$$

Where,

- E = Emission of CN (kg)
- $HCN_{(aq)} = [NaCN] \times 10^{(9.2 - pH)}$
- [NaCN] = NaCN concentration in the leach/adsorption tank, mg/L
- pH = pH in the leach/adsorption tank
- A = Surface area (m²) of the leach/adsorption tank
- T = Period of emissions (hours)

It's crucial to recognize that while empirical models can provide invaluable data, their utility is generally limited to the specific operational conditions under which the original research was conducted. As such, any attempt to extrapolate these models to other operational scenarios or systems should be approached with caution. Several factors inhibit the adoption of the above equation for the Horne 5 Project. To provide a more comprehensive understanding, we have included tables and diagrams from the original paper by Heath et al. in the additional information section at the end of this addendum.

1. In the empirical model formulated by Heath et al., the leaching conditions were stringently specific, most notably featuring a pH range of 8.5 to 9.5. Such a pH window inherently amplifies the concentration of aqueous-phase HCN, a key determinant in mass transfer kinetics (see Section 3 of the memo for the discussion of HCN pKa). Other undisclosed or unspecified operational parameters—such as slurry density, viscosity, solid percentage, agitation design, and aeration rate—further confine the empirical equation's applicability. Hence, this methodology should only be utilized for situations with largely analogous conditions – unfortunately, most of these process conditions were not detailed in the Heath et al. paper. Those that were, do not match with the Horne 5 project.
2. Clarification is warranted regarding CSIRO's interpretation of the equation " $HCN_{(aq)} = [NaCN] \times 10^{(9.2 - pH)}$ ". This relationship appears to be incorrectly represented in their documentation. The correct equation to derive $[HCN]_{(aq)}$ from [CN] is denoted as Eq.X2 below.

$$[HCN]_{(aq)} = \frac{CN_{free}}{1 + \frac{1}{10^{(pKa-pH)}}} * \frac{M_{HCN}}{M_{CN}} \quad \text{Eq.X2}$$

Where,

- CN_{free} is the free cyanide measured in the solution, mg/L
- M is the molecular weight of specific species, g/mol
- [HCN] is expressed as hydrogen cyanide, mg/L

From Eq X2, we can see that the [HCN] is being calculated from the cyanide concentration in terms of CN, and not NaCN, while the referenced formula expresses HCN in terms of NaCN. Specifically, 1 gram of HCN is approximately equivalent to 1.81 grams when expressed as NaCN. Therefore, using eq X1 directly as written could result in value 81% higher than they should be. For the purpose of air emission calculations, it is essential to convert these values back to HCN to not report a significantly elevated value.

1.3.3 Cyanide Emissions from the TSFs

The method for estimating cyanide emissions from Tailings Storage Facilities (TSFs) as outlined in Section 6.2.2 of the NPI manual essentially employs a modified mass balance approach. The look-up table provided in the manual is conceptually similar to calculating hydrogen cyanide concentrations based on pKa values, a topic extensively covered in Section 3 of our memorandum, as well as in this addendum. However, it's worth noting that the look-up table offers a lower resolution compared to calculations derived from pKa values. Therefore, for more accurate estimations, it would be advisable to rely on pKa-based calculations, such as those supplied in our memo.

Conclusion

This addendum serves to address additional inquiries and information that have been provided to us since the issuance of the initial memorandum. We have examined the review comments and the newly acquired data to reaffirm the validity of our engineering methodology for estimating hydrogen cyanide (HCN) emissions in the context of the Horne 5 Project. Based on theoretical underpinnings, we maintain that our approach remains robust. This addendum should be read in conjunction with the original memorandum for a comprehensive understanding of the HCN emission estimates for the project.

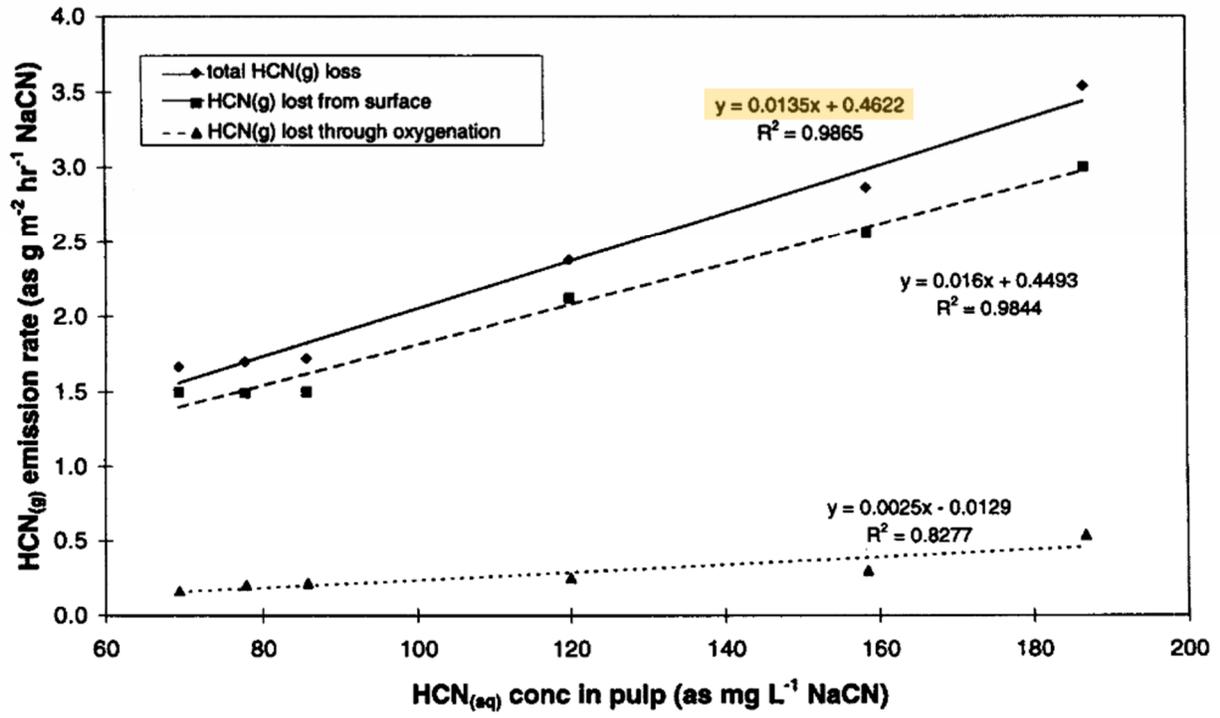
Supporting Information

The tables and diagrams that follow are sourced from the original study conducted by Heath et al., serving to underline specific conditions under which HCN emission measurements were taken. Notably, the pH levels in the leaching tanks during these tests ranged between 8.5 and 9.5. The study employs a linear regression model to correlate HCN emissions under these particular conditions. It is therefore imperative to exercise caution when applying this regression model to other sites and operational settings, as its universality may not hold.

TABLE 2 Raw data from Figures 7,11 & 12

	measured pH	CN' (mg L ⁻¹ NaCN)	HCN _(tot) (mg L ⁻¹ NaCN)	Total HCN _(tot) evolution		HCN _(tot) removed by O ₂	
				centre position (g m ⁻² hr ⁻¹)	perimeter position (g m ⁻² hr ⁻¹)	centre position (g m ⁻² hr ⁻¹)	perimeter position (g m ⁻² hr ⁻¹)
pH set-point 9.0, dup 1							
Tank A	9.46	234	88	3.34	2.12	0.44	0.08
Tank B	9.42	191	86	1.53	1.91	0.13	
Tank C	9.35	159	88	1.75	2.40		0.24
Tank D	9.30	141	82	1.13	0.94		
Tank E	9.26	115	59	1.04	1.57		
Tank F	9.21	91	64	1.64	1.00		
pH set-point 9.0, dup 2							
Tank A	9.32	218	88	3.05	2.00	0.52	0.10
Tank B	9.10	189	112	1.70	1.65	0.10	
Tank C	9.05	140	106	2.08	1.28		0.25
Tank D	8.99	135	72	1.35	1.60		
Tank E	8.94	110	71	0.92	2.54		
Tank F	8.91	105	67	1.38	1.07		
pH set-point 8.85, dup 1							
Tank A	9.17	187	126	4.43	3.03	0.52	0.22
Tank B	8.97	106	114	2.73	3.28	0.19	
Tank C	8.92	96	115	2.28	2.21		0.20
Tank D	empty	empty	empty	empty	empty		
Tank E	8.82	89	135	2.28	0.89		
Tank F	8.84	76	110	1.49	1.16		
pH set-point 8.85, dup 2							
Tank A	9.33	154	56	2.68	2.18	0.44	0.12
Tank B	9.08	123	84	1.59	1.16	0.06	
Tank C	9.05	93	57	1.64	1.81		0.16
Tank D	8.91	70	74	0.79	1.36		
Tank E	8.89	72	60	2.13	1.21		
Tank F	8.81	69	86	1.98	1.44		
pH set-point 8.7, dup 1							
Tank A	8.80	120	232	5.62	4.49	0.59	0.23
Tank B	8.76	96	207	2.82	3.72	0.12	
Tank C	8.72	77	168	3.05	3.72		0.38
Tank D	8.72	73	135	1.37	2.25		
Tank E	8.71	60	135	2.52	1.57		
Tank F	9.18	122	74	1.57	1.67		
pH set-point 8.7, dup 2							
Tank A	8.94	194	230	8.44	5.62	1.64	0.54
Tank B	8.92	125	230	5.27	4.59	0.15	
Tank C	8.77	78	214	3.42	3.37		0.37
Tank D	8.69	70	169	2.35	2.00		
Tank E	8.65	60	146	1.67	1.90		
Tank F	8.57	45	132	2.27	1.57		

BQE Water



ANNEXE

QC3-2-2

FICHES TECHNIQUES DE PRODUITS
ALTERNATIFS AU XANTHATE



SAFETY DATA SHEET

1. IDENTIFICATION

Product identifier used on the label

: **Flottec 60-01 Collector**

Recommended use of the chemical and restrictions on use

: Collector used in mining industry

Chemical family

: Dithiocarbamate

Name, address, and telephone number of the chemical manufacturer, importer, or other responsible party:

Flottec, LLC

2505 Collingsworth Street, 2nd Floor

Houston, Texas 77026, U.S.A.

www.flottec.com

Information Telephone # : 1.713.425.7055

24 Hr. Emergency Tel # : Chemtrec 1.800.424.9300 (Within Continental U.S.); Chemtrec 1.703.527.3887 (Outside U.S.)

2. HAZARDS IDENTIFICATION

Classification of the chemical

Acute toxicity, oral (Category 4)

Acute toxicity, dermal (Category 3)

Skin irritation (Category 2)

Serious eye damage (Category 1)

Skin sensitizer (Category 1)

Label elements

Signal Word

Danger

Hazard statement(s)

H311: Toxic in contact with skin

H318: Causes serious eye damage

H302: Harmful if swallowed

H315: Causes skin irritation

H317: May cause an allergic skin reaction

H400: Very toxic to aquatic life

Precautionary statement(s)

P261: Avoid breathing vapors, mist and spray.

P264: Wash face, hands and any exposed skin thoroughly after handling.

P270: Do not eat, drink or smoke when using this product.

P272: Contaminated work clothing should not be allowed out of the workplace.

P273: Avoid release to the environment.

P280: Wear protective gloves, protective clothing and eye protection.

P301+312+P330: IF SWALLOWED: Call a POISON CENTER or doctor/physician if you feel unwell. Rinse mouth.

P302+352: IF ON SKIN: Wash with soap and water.

P333+313: If skin irritation or a rash occurs: Get medical advice/attention.

P305+351+338: IF IN EYES: Rinse continuously with water for several minutes. Remove contact lenses if present and easy to do. Continue rinsing.

P310: Immediately call a doctor/physician.

P361 + P364: Remove/Take off immediately all contaminated clothing and wash before reuse.

P391: Collect spillage.

P405: Store locked up.

P501: Dispose of contents and container to a licensed chemical disposal agency in accordance with local, regional and national regulations.

Hazard pictogram(s)



Other hazards

Acute hazard to the aquatic environment (Category 1).

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Mixture

Common name	CAS #	Concentration / wt %
Sodium dibutyldithiocarbamate	136-30-1	35

The exact concentrations of the above listed chemicals are being withheld as a trade secret.

4. FIRST-AID MEASURES

Description of first aid measures

- Ingestion* : DO NOT induce vomiting, unless recommended by medical personnel. If victim is conscious wash out mouth with water and give 1-2 glasses of water to drink. Never give anything by mouth if victim is unconscious or convulsing. If spontaneous vomiting occurs, keep head below hips level to prevent aspiration into the lungs. Seek medical attention or contact a Poison Centre immediately.
- Inhalation* : Move person to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen by trained personnel. If a problem develops or persists, seek medical attention.
- Skin Contact* : Flush with water for at least 15 minutes. Remove contaminated clothing and wash before reuse. Avoid touching eyes with contaminated body parts. If a problem develops or persists, seek medical attention.
- Eye Contact* : IMMEDIATELY flush with plenty of water. Remove contact lenses. Flush with water for at least 15 minutes. Hold eyelids apart to rinse properly. If a problem develops or persists, seek medical attention.

Symptoms : May cause severe eye irritation or eye damage. May cause skin irritation. May cause an allergic reaction of the skin.

Notes to the physician : Treat according to person's condition and specifics of exposure. If lavage is performed, suggest endotracheal and/or esophageal control. Danger from lung aspiration must be weighed against toxicity when considering emptying the stomach. Treatment of exposure should be directed at the control of symptoms and the clinical condition of the patient.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Extinguishing media

Suitable extinguishing media

: Dry chemicals, water spray, chemical foam, carbon dioxide (CO₂).

Unsuitable extinguishing media

: Do not use direct water jet.

Special hazards arising from the substance or mixture

: This product is an aqueous solution which does not support combustion unless the water has been evaporated. Emits toxic and corrosive fumes under fire conditions.

Special protective equipment and precautions for firefighters

Protective equipment for fire-fighters

: Firefighters must wear self-contained breathing apparatus with full face mask. Firefighting suit may not be efficient against chemicals.

Special fire-fighting procedures

: Use water spray to cool fire-exposed containers. Prevent run-off from fire control or dilution from entering streams, sewers or drinking water supply.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

: Do not touch spilled material. Make sure to wear personal protective equipment mentioned in this Safety Data Sheet.

Environmental precautions

: Prevent entry in sewer and other enclosed area. For a large spillage, consult the Department of Environment or the relevant authorities.

Methods and material for containment and cleaning up

: Ventilate the area well. Stop leak, if it's possible to do so without risk. Absorb with inert material (soil, sand, vermiculite) and place in an appropriate waste disposal clearly identified. Finish cleaning by rinsing with water contaminated surface. Dispose via a licensed waste disposal contractor.

7. HANDLING AND STORAGE

Precautions for safe handling

: Contact with acid liberates a toxic gas. Use only in well ventilated area. Avoid all contact with skin, eyes and clothing. Do not breathe vapors, mists or aerosols. Wear eye protection, gloves and other protective clothing that are adapted to the task being performed and the risks involved. Keep in the workplace only the quantities necessary for the work being performed. Keep containers tightly closed when not used. Do not eat, do not drink and do not smoke during use. Wash hands, forearms and face thoroughly after handling this compound and before eating, drinking or using toilet articles. Remove contaminated clothing and wash before reuse.

Conditions for safe storage

: Store tightly close and in properly labelled containers in a cool, dry and well ventilated place. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage. Store away from acids and from incompatible materials (see section 10). Keep away from direct sunlight and heat.

Storage temperature

: 10 to 40°C (50 to 104 F)

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

Immediately Dangerous to Life or Health

: No IDLH value reported

Exposure limits

: No threshold limit value reported.

Exposure controls

Appropriate engineering controls: Ensure adequate ventilation, especially in confined areas.

Respiratory protection

: Respiratory protection is not required in normal use. Respiratory protection equipment (PPE) must be selected, fitted, maintained and inspected in accordance with regulations and CSA Standard Z 94.4 and approved by NIOSH / MSHA.

Skin protection

: Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved. Wear normal work clothing covering arms and legs as required by employer code. Wear an apron or long-sleeve protective coverall suit.

Eye / face protection

: Wear chemical splash goggles. If risk of contact with eyes or the face, wear a face shield.

Hands

: Chemical-resistant, impervious gloves should be worn at all times when handling this chemical product. Wear nitrile gloves, neoprene gloves, butyl rubber gloves or multilayer polymer laminate gloves. Before using, user should confirm impermeability. Discard gloves that show tears, pinholes, or signs of wear. Gloves must only be worn on clean hands. Wash gloves with water before removing them. After using gloves, hands should be washed and dried thoroughly.

Other protective equipment

: Wear rubber boots to clean up a spill.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical state	: Liquid	Flammability limits (% by vol.)	: N/Av
Color	: Pale yellow green to light	Flash point	: >93.4°C (200.1°F) SETA
Odor	: Slight sulfur odor	Auto-ignition temperature	: N/Av
Odor threshold	: N/Av	Sensibility to electrostatic charge	: No
pH	: < 11	Sensibility to sparks/friction	: No
Melting/Freezing point	: <5 °C (41 °F)	Vapor density (Air = 1)	: 0.6 to 0.7
Boiling point/range	: 100 °C (212 °F)	Relative density (Water = 1)	: 1.06 kg/L @ 20°C (68°F)
Solubility in water	: Soluble	Partition coefficient (n-octanol/water)	: N/Av
Evaporation rate (BuAc = 1)	: 1	Decomposition temperature	: N/Av
Vapor pressure	: 2.2kPa (16.5 mm Hg) @ 20°C (68°F)	Viscosity	: N/Av
Volatiles (% by weight)	: 50	Molecular mass	: N/Av
Flammability (solid, gas)	: Not flammable		

10. STABILITY AND REACTIVITY

Reactivity	: No information available for this product.
Chemical stability	: Stable under recommended storage conditions.
Possibility of hazardous reactions (including polymerizations)	: Hazardous polymerization will not occur.
Conditions to avoid	: Avoid contact with incompatible materials.
Incompatible materials	: Strong acids, strong oxidizing agents (such as nitric acid, perchloric acid, peroxides, chlorates and perchlorates).
Hazardous decomposition products	: Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Toxicological data

Chemical name	LC ₅₀ (Inhalation, rat)	LD ₅₀ / mg/kg	
		(Oral, rat)	(Dermal, rabbit)
Sodium dibutyldithiocarbamate	N/Av	1430	<1000

Likely routes of exposure

Skin	: Yes
Eye	: Yes
Inhalation	: Yes
Ingestion	: Yes

Potential Health Effects:

Signs and symptoms of delayed, immediate and chronic effects

Skin	: Toxic if absorbed through skin. Widespread contact with skin for several hours can cause harmful amounts of material to be absorbed. May cause skin irritation. Prolonged contact may cause burns. The product is not considered to be corrosive to the skin based on alkalinity and pH of the solution.
Eye	: May cause severe eye irritation or eye damage.
Inhalation	: Overexposure may cause nose, throat and respiratory tract irritation.
Ingestion	: Harmful if swallowed. Swallowing will cause digestive tract disturbances resulting in nausea, vomiting, cramps and diarrhea.
Sensitization to material	: Sodium dibutyldithiocarbamate is a skin sensitizer (mousse, OECD 429). It is known that several dialkyldithiocarbamates products are skin sensitizers.
IRAC/NTP Classification	: No ingredients listed
Carcinogenicity	: Ingredients present at levels greater than or equal to 0.1% of this product are not listed as a carcinogen by IARC, ACGIH, NIOSH, NTP or OSHA.

- Mutagenicity** : Ingredients in this product present at levels greater than or equal to 0.1% are not known to cause mutagenic effect.
- Reproductive Effects** : Ingredients in this product present at levels greater than or equal to 0.1% are not known to cause effects on reproduction.
- Specific target organ effects – single exposure**
 : No target organ is listed.
- Specific target organ effects – repeated exposure**
 : No target organ is listed.
- Other information** : The oral acute toxicity estimate (ATE) of the mixture was calculated to be greater than 300 mg/Kg but lower than 2000 mg/kg. This value is classified according to GHS: Acute toxicity, oral (Category 4). The skin acute toxicity estimates (ATE) of the mixture was calculated to be greater than 200 mg/kg but lower than 1000 mg/Kg. This value is classified according to GHS: Acute toxicity, dermal (Category 3).

12. ECOLOGICAL INFORMATION

- Ecotoxicity** :
- | | | |
|------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------|
| Fish - Guppy (<i>Poecilia reticulata</i>) | LC ₅₀ | 62-211 mg/L; 96 h OECD 203 (Sodium dibutyldithiocarbamate) |
| Aquatic Invertebrate - <i>Daphnia magna</i> (static) | EC ₅₀ | 0.91 mg/L; 48 h OECD 202 (Sodium dibutyldithiocarbamate) |
| Aquatic Plant - Algae, <i>Chlorella pyrenoidosa</i> | EC ₅₀ | 1.4 mg/L; 96 h OECD 201 (Sodium dibutyldithiocarbamate) |
| Fish - Branchydanio Renio - fresh water | NOEC | 3.2 mg/L; 9 days OECD 210 (Sodium dibutyldithiocarbamate) |
- Persistence** : Not persistent in environment.
- Degradability** : Sodium dibutyldithiocarbamate is hydrolysed in acidic media. Moreover, it is Ready Biodegradability with 67% in 28 days (OECD Guideline 301D).
- Bioaccumulation potential** : Sodium dibutyldithiocarbamate is very soluble in water. Therefore, his potential to bioaccumulate should be very low.
- Mobility in soil** : Based on the high solubility in water, a high mobility in soil is to be expected.
- Other adverse environmental effects**
 : This chemical does not deplete the ozone layer.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

- Handling for Disposal** : Important! Prevent waste generation. Use in full. DO NOT puncture, cut, heat or burn container, even after use. DO NOT throw residual to sewer, streams, sewers or drinking water supply. Return empty container properly labeled to supplier or everywhere there is a recovery program. Dispose via a licensed waste disposal contractor. Observe all federal, state/provincial and municipal regulations. If necessary consult the Department of Environment or the relevant authorities.

14. TRANSPORTATION INFORMATION

Regulatory Information	UN Number	UN proper shipping name	Transport hazard class(es)	Packing Group	Label
DOT	Not regulated				
Additional Information	This material is not listed as a marine pollutant.				
TDG	Not regulated				
Additional Information					
IMO/IMDG	Not regulated				
Additional Information					
IATA	Not regulated				
Additional Information					

15 - REGULATORY INFORMATION

US Federal Information:

- Toxic Substance Control Act (TSCA) :
All ingredients are listed in the TSCA Inventory or otherwise comply with TSCA requirements.
- EPCRA Section 313 Toxic Chemicals:
No material is listed.
- CERCLA (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act):
No material is listed.
- EPCRA Section 302/304 Extremely Hazardous Substances:
No material is listed.
- Clean Water Act (CWA) 311 Hazardous Substances:
No material is listed.
- Clean Water Act (CWA) Priority Pollutants:
No material is listed.
- Clean Air Act (CAA) 111:
No material is listed.
- Clean Air Act (CAA 112b) HON - Hazardous Organic National Emission Air Pollutants:
No material is listed.
- Clean Air Act (CAA 112b) HAP - Hazardous Air Pollutants:
No material is listed.
- CAA 112(r) Regulated Chemicals for Accidental Release Prevention:
No material is listed.
- California Proposition 65:
No material is listed.

Canadian Information:

- Canada DSL and NDSL:
All ingredients are listed in the Domestic Substances List (DSL).
- Canadian National Pollutant Release Inventory Substances (NPRI):
No material listed.

WHMIS 1988:

- Class D2B : Toxic material causing other toxic effects
- Class E : Corrosive material

NFPA



16. OTHER INFORMATION

Other special considerations for handling : Provide adequate information, instruction and training for operators.

Prepared by: Flottec, LLC

Revised by: Mark Cappuccitti

REASON FOR REVISION: Section 1: updated name of product to commercial name

DISCLAIMER

The above information is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warrantee of merchantability or any other warrant, expressed or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular uses.

END OF DOCUMENT

SAFETY DATA SHEET

1. IDENTIFICATION

Product identifier used on the label

: **Flottec 2044 Collector**

Recommended use of the chemical and restrictions on use

: Collector used in mining industry

Chemical family

: Sodium Dialkyl Dithiophosphate

Name, address, and telephone number of the chemical manufacturer, importer, or other responsible party:

Flottec, LLC

2505 Collingsworth Street, 2nd Floor

Houston, Texas 77026 U.S.A.

www.flottec.com

Information Telephone # : 1.713.425.7055

24 Hr. Emergency Tel # : Chemtrec 1.800.424.9300 (Within Continental U.S.) Chemtrec 1.703.527.3887 (Outside U.S.)

2. HAZARDS IDENTIFICATION

Classification of the chemical

Skin corrosion (Category 1)

Serious eye damage (Category 1)

Label elements

Signal Word

Danger

Hazard statement(s)

H314: Causes severe skin burns and eye damage

Precautionary statement(s)

P260: Do not breathe mist, vapors and spray.

P264: Wash face, hands and any exposed skin thoroughly after handling.

P280: Wear protective gloves, protective clothing and eye protection.

P301+330+331: IF SWALLOWED: Rinse mouth. Do NOT induce vomiting.

P303+361+353: IF ON SKIN (or hair): Remove immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water and soap or take a shower if necessary.

P363: Wash contaminated clothing before reuse.

P304+340: IF INHALED: Remove victim to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing.

P305+351+338: IF IN EYES: Rinse continuously with water for several minutes. Remove contact lenses if present and easy to do. Continue rinsing.

P310: Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician.

P405: Store locked up.

P501: Dispose of contents and container to a licensed chemical disposal agency in accordance with local, regional and national regulations.

Hazard pictogram(s)



Other hazards

N/A

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Mixture

Common name	CAS #	Concentration / wt %
Sodium O,O-diisobutyl dithiophosphate	53378-51-1	48 – 50
Sodium hydroxide	1310-73-2	0 – 1

The exact concentrations of the above listed chemicals are being withheld as a trade secret.

4. FIRST-AID MEASURES

Description of first aid measures

- Ingestion* : DO NOT induce vomiting, unless recommended by medical personnel. If victim is conscious wash out mouth with water and give 1-2 glasses of water to drink. Never give anything by mouth if victim is unconscious or convulsing. If spontaneous vomiting occurs, keep head below hips level to prevent aspiration into the lungs. Seek medical attention or contact a Poison Centre immediately.
- Inhalation* : Move person to fresh air. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen by trained personnel. If a problem develops or persists, seek medical attention.
- Skin Contact* : Flush with water for at least 15 minutes. Remove contaminated clothing and wash before reuse. Avoid touching eyes with contaminated body parts. If a problem develops or persists, seek medical attention.
- Eye Contact* : IMMEDIATELY flush with plenty of water. Remove contact lenses. Flush with water for at least 15 minutes. Hold eyelids apart to rinse properly. If a problem develops or persists, seek medical attention.

Symptoms : May cause severe eye irritation or eye damage. May cause skin irritation and burns. May cause burns to mouth, throat and stomach. May

Notes to the physician : Treat according to person's condition and specifics of exposure. If lavage is performed, suggest endotracheal and/or esophageal control. Danger from lung aspiration must be weighed against toxicity when considering emptying the stomach. Treatment of exposure should be directed at the control of symptoms and the clinical condition of the patient.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Extinguishing media

Suitable extinguishing media

: Dry chemicals, water spray, chemical foam, carbon dioxide (CO₂).

Unsuitable extinguishing media

: Do not use direct water jet.

Special hazards arising from the substance or mixture

: This product is an aqueous solution which does not support combustion unless the water has been evaporated. Emits toxic and corrosive fumes under fire conditions.

Special protective equipment and precautions for firefighters

Protective equipment for fire-fighters

: Firefighters must wear self-contained breathing apparatus with full face mask. Firefighting suit may not be efficient against chemicals.

Special fire-fighting procedures

: Use water spray to cool fire-exposed containers. Prevent run-off from fire control or dilution from entering streams, sewers or drinking water supply.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

: Do not touch spilled material. Make sure to wear personal protective equipment mentioned in this Safety Data Sheet.

Environmental precautions

: Prevent entry in sewer and other enclosed area. For a large spillage, consult the Department of Environment or the relevant authorities.

Methods and material for containment and cleaning up

- : Ventilate the area well. Stop leak, if it's possible to do so without risk. Absorb with inert material (soil, sand, vermiculite) and place in an appropriate waste disposal clearly identified. Finish cleaning by rinsing with water contaminated surface. Dispose via a licensed waste disposal contractor.

7. HANDLING AND STORAGE

- Precautions for safe handling** : This product should not be mixed with acids since evolution of toxic and flammable hydrogen sulfide gas could result. This precaution does not, of course, apply to addition of this reagent to flotation pulps in amounts customarily used for flotation. Use only in well ventilated area. Avoid all contact with skin, eyes and clothing. Do not breathe vapors, mists or aerosols. Wear eye protection, gloves and other protective clothing that are adapted to the task being performed and the risks involved. Keep in the workplace only the quantities necessary for the work being performed. Keep containers tightly closed when not used. Do not eat, do not drink and do not smoke during use. Wash hands, forearms and face thoroughly after handling this compound and before eating, drinking or using toilet articles. Remove contaminated clothing and wash before reuse.
- Conditions for safe storage** : Store tightly close and in properly labelled containers in a cool, dry and well ventilated place. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage. Store away from acids and from incompatible materials (see section 10). Keep away from direct sunlight and heat.
- Storage temperature** :

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

Immediately Dangerous to Life or Health

- Sodium hydroxide** : 10 mg/m³
- Hydrogen sulfide** : 100 ppm

Exposure limits

Sodium hydroxide	: Ceiling	2 mg/m ³	ACGIH , BC, ON, RSST
	: TWA (8h)	2 mg/m ³	OSHA
Hydrogen sulfide	: Ceiling	10 ppm	BC
	: STEL	5 ppm	ACGIH
		15 ppm	ON
		15 ppm	RSST
	: TWA (8h)	21 mg/m ³	OSHA
		3 mg/m ³	OSHA
	1 ppm	ACGIH	
	10 ppm	ON	
	10 ppm	14 mg/m ³	RSST

Exposure controls

- Appropriate engineering controls** : Provide sufficient mechanical ventilation (general and/or local exhaust) to keep the airborne concentrations of vapors, mists, aerosols or dust below their respective occupational exposure limits.
- Respiratory protection** : Respiratory protection is not required in normal use. Respiratory protection equipment (PPE) must be selected, fitted, maintained and inspected in accordance with regulations and CSA Standard Z 94.4 and approved by NIOSH / MSHA. In case of insufficient ventilation or in confined or enclosed space and for an assigned protection factor (APF) up to 10 times the exposure limit: wear a half mask respirator with organic vapor cartridges fitted with P100 filters. For an APF until maximum 100 times of exposure limit, wear a full face respirator mask with organic vapor cartridges and P100 filters.
- Skin protection** : Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved. Wear normal work clothing covering arms and legs as required by employer code. Wear an apron or long-sleeve protective coverall suit.
- Eye / face protection** : Wear chemical splash goggles. If risk of contact with eyes or the face, wear a face shield.
- Hands** : Chemical-resistant, impervious gloves should be worn at all times when handling this chemical product. Wear nitrile gloves, neoprene gloves, butyl rubber gloves or multilayer polymer laminate gloves. Before using, user should confirm impermeability. Discard gloves that show tears, pinholes, or signs of wear. Gloves must only be worn on clean hands. Wash gloves with water before removing them. After using gloves, hands should be washed and dried thoroughly.
- Other protective equipment** : Wear rubber boots to clean up a spill.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical state	: Liquid	Flammability limits (% by vol.)	: N/Av
Color	: Amber to dark brown	Flash point	: >93.4°C (200.1°F) PMCC
Odor	: Slight sulfur odor	Auto-ignition temperature	: N/Av
Odor threshold	: N/Av	Sensibility to electrostatic charge	: No
pH	: 13	Sensibility to sparks/friction	: No
Melting/Freezing point	: -13 °C (8.6 °F)	Vapor density (Air = 1)	: 0.6 to 0.7
Boiling point/range	: 103 °C (217.4 °F)	Relative density (Water = 1)	: 1.13 kg/L @ 25°C (77°F)
Solubility in water	: Soluble	Partition coefficient (n-octanol/water)	: >2.1
Evaporation rate (BuAc = 1)	: like water	Decomposition temperature	: N/Av
Vapor pressure	: 2.3kPa (17.3 mm Hg) @ 20°C (68°F)	Viscosity	: N/Av
Volatiles (% by weight)	: >50%	Molecular mass	: N/Av
Flammability (solid, gas)	: Not flammable		

10. STABILITY AND REACTIVITY

Reactivity	: May release hydrogen sulfide in contact with acids.
Chemical stability	: Stable under recommended storage conditions.
Possibility of hazardous reactions (including polymerizations)	: Hazardous polymerization will not occur.
Conditions to avoid	: Avoid contact with incompatible materials.
Incompatible materials	: Strong acids, strong bases, strong oxidizing agents (such as nitric acid, perchloric acid, peroxides, chlorates and perchlorates).
Hazardous decomposition products	: Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Toxicological data

Chemical name	LC ₅₀ (Inhalation, rat)	LD ₅₀ / mg/kg	
		(Oral, rat)	(Dermal, rabbit)
Sodium O,O-diisobutyl dithiophosphate	N/Av	>3000	>2000
Sodium hydroxide	N/Av	>140	1350
Hydrogen sulfide	444 mg/l/4h	N/Av	N/Av

Likely routes of exposure

Skin	: Yes
Eye	: Yes
Inhalation	: Yes
Ingestion	: Yes

Potential Health Effects:

Signs and symptoms of delayed, immediate and chronic effects:

Skin	: May cause skin irritation and burns. The sodium O,O-alkyl dithiophosphate family compound is corrosive to rabbit skin, causing edema, erythema, tissue sloughing and necrosis (OECD 404).
Eye	: May cause severe eye irritation or eye damage.
Inhalation	: Inhalation of vapors/mists can cause burns to nose, throat and respiratory tract.
Ingestion	: May cause burns to mouth, throat and stomach.
Sensitization to material	: Ingredients present at levels greater than or equal to 0.1% of this product are skin or respiratory sensitizers.
IRAC/NTP Classification	: No ingredients listed

- Carcinogenicity** : Ingredients present at levels greater than or equal to 0.1% of this product are not listed as a carcinogen by IARC, ACGIH, NIOSH, NTP or OSHA.
- Mutagenicity** : Ingredients in this product present at levels greater than or equal to 0.1% are not known to cause mutagenic effect.
- Reproductive Effects** : Ingredients in this product present at levels greater than or equal to 0.1% are not known to cause effects on reproduction.
- Specific target organ effects – single exposure** : No target organ is listed.
- Specific target organ effects – repeated exposure** : No target organ is listed.
- Other information** : The oral and skin acute toxicity estimates (ATE) of the mixture were calculated to be greater than 2000 mg/kg. These values are not classified according to WHMIS 2015 and OSHA HCS 2012.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

- Ecotoxicity** :
 - Fish - Danio rerio (static) LC₅₀ >791 mg/L; 96 h (Sodium diisobutyl dithiophosphate) OECD 203
 - Aquatic Invertebrate - Daphnia magna (static) EC₅₀ >1020 mg/L; 48 h (Sodium diisobutyl dithiophosphate) OECD 202
 - Aquatic Plant - Algea, Desmodesmus subspicatus EC₅₀ 261 mg/L; 72 h (Sodium diisobutyl dithiophosphate) OECD 201
- Persistence** : No information available for this product. May be persistent in aquatic environment.
- Degradability** : Sodium O,O-diisobutyl dithiophosphate was found to be not ready biodegradable (30.6%) within the 28-day exposure period (OECD Guideline 301D). Moreover, it was found not to hydrolyse neither at pH 4; 7 nor 9. The half-life is expected to be greater than 1 year at 25°C.
- Bioaccumulation potential** : Sodium diisobutyl dithiophosphate has a low potential to bioaccumulate (log K_{ow} of 1.2 to 2.1).
- Mobility in soil** : Based on the high solubility in water, a high mobility in soil is to be expected.
- Other adverse environmental effects** : Toxic effect on aquatic organisms due to pH change. This chemical does not deplete the ozone layer.

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

- Handling for Disposal** : Important! Prevent waste generation. Use in full. DO NOT throw residual to sewer, streams, sewers or drinking water supply. Residues and empty containers must be considered as hazardous waste. Return empty container properly labeled to supplier or everywhere there is a recovery program. Dispose via a licensed waste disposal contractor. Observe all federal, state/provincial and municipal regulations. If necessary consult the Department of Environment or the relevant authorities.

14. TRANSPORTATION INFORMATION

Regulatory Information	UN Number	UN proper shipping name	Transport hazard class(es)	Packing Group	Label
DOT	UN1719	CAUSTIC ALKALI LIQUID, N.O.S. (DITHIOPHOSPHATE SALT)	8	II	Corrosive
Additional Information	This material is not listed as a marine pollutant. Permit required for transportation with proper placards displayed on vehicle.				
TDG	UN1719	CAUSTIC ALKALI LIQUID, N.O.S. (DITHIOPHOSPHATE SALT)	8	II	Corrosive
Additional Information	Emergency response guidebook 2012 - 154				
IMO/IMDG	UN1719	CAUSTIC ALKALI LIQUID, N.O.S. (DITHIOPHOSPHATE SALT)	8	II	Corrosive
Additional Information	Emergency schedules (EmS-No) F-A, S-B				
IATA	UN1719	CAUSTIC ALKALI LIQUID, N.O.S. (DITHIOPHOSPHATE SALT)	8	II	Corrosive
Additional Information					

15 - REGULATORY INFORMATION

US Federal Information:

- Toxic Substance Control Act (TSCA)
All ingredients are listed in the TSCA Inventory or otherwise comply with TSCA requirements.
- EPCRA Section 313 Toxic Chemicals:
Sodium hydroxide (CAS no 1310-73-2).
- CERCLA (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act):
Sodium hydroxide (CAS no 1310-73-2).
- EPCRA Section 302/304 Extremely Hazardous Substances:
No material is listed.
- Clean Water Act (CWA) 311 Hazardous Substances:
Sodium hydroxide (CAS no 1310-73-2).
- Clean Water Act (CWA) Priority Pollutants:
No material is listed.
- Clean Air Act (CAA) 111:
No material is listed.
- Clean Air Act (CAA 112b) HON - Hazardous Organic National Emission Air Pollutants:
No material is listed.
- Clean Air Act (CAA 112b) HAP - Hazardous Air Pollutants:
No material is listed.
- CAA 112(r) Regulated Chemicals for Accidental Release Prevention:
No material is listed.
- California Proposition 65:
No material is listed.

Canadian Information:

- Canada DSL and NDSL:
All ingredients are listed in the Domestic Substances List (DSL).
- Canadian National Pollutant Release Inventory Substances (NPRI):
No material is listed.

WHMIS 1988:

Class E : Corrosive material

NFPA



16. OTHER INFORMATION

Other special considerations for handling : Provide adequate information, instruction and training for operators.

Prepared by: Flottec, LLC

Revised by: C. Yuen

REASON FOR REVISION: Corrected DTP % in section 3

DISCLAIMER

The above information is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warrant, expressed or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular uses.

END OF DOCUMENT

HOSTAFLOT™ LIB

Technical Data Sheet



COLLECTOR FOR THE FLOTATION OF SULFIDE MINERALS

Description

HOSTAFLOT™ LIB is a strong collector for sulfide minerals of Ag, Cu, Pb, Zn, Bi, Sb, As, Ni, Co, Mo and Fe as well as for native noble metals such as Pt, Bi, Ag, Au and PGM (platinum group metals). Its stability over a wide pH range allows it to be used in strong alkaline as well as in weak acid flotation circuits.

Application

Alkaline range

In the alkaline range (pH 8.5 to 12), HOSTAFLOT™ LIB is an excellent collector for

- All sulfide copper minerals
- Sphalerite or marmatite that have been activated by copper ions (CuSO_4)
- Native noble metals like gold and silver, metals of the platinum group (Pt, Os, Ir etc.), and minerals containing noble metals (e.g. argentite, calaverite, sylvanite, sperrylite, etc.)
- Molybdenite (MoS_2)

In the flotation of copper, particularly of auriferous copper ores, HOSTAFLOT™ LIB gives clean concentrates with a high mineral yield and very good selectivity against iron sulfides.

HOSTAFLOT™ LIB is able to collect coarser particles.

In the flotation of ores containing native noble metals (Au, Ag) and sulfide minerals, combinations of HOSTAFLOT™ LIB and HOSTAFLOT™ M 91 are particularly effective, often resulting in reduced dosages. If noble metals are present in copper ores, the addition of lime should be monitored very carefully when the pH is adjusted, as an excess of lime depresses both the iron sulfides and the noble metals.

In the flotation of Cu and Mo bulk concentrates that will be further beneficiated to produce a molybdenum concentrate, HOSTAFLOT™ LIB is recommended because it is more easily desorbed from the mineral surfaces than xanthates when the bulk concentrate is treated with sodium sulphide (Na_2S), NaSH or Clariant's FLOTICOR™ DP range of NaSH replacement depressants.

Sphalerite (ZnS) and marmatite ($(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$) behave like sulfide copper minerals after activation with copper sulfate, and they can be floated with HOSTAFLOT™ LIB under the same conditions as copper sulfides.

Publisher

Clariant Mining Solutions
2750 Technology Forest Blvd.
The Woodlands, Texas 77381
USA

Copyright ©
Clariant International Ltd, 2022

Contact

www.clariant.com/mining

Issue

July 2022

HOSTAFLOT™ LIB can be used with other collectors, and an initial ratio of 1:1 can be used while determining the optimal ratio experimentally.

Neutral and acid range (pH 4 - 5)

HOSTAFLOT™ LIB can also be used in the neutral and acid ranges, where it is more stable than xanthates, although both can be used in combination.

Examples of the use of HOSTAFLOT™ LIB include the following flotation processes among others:

- Fe and Ni sulfides such as pyrrhotite (FeS) and pentlandite ((Ni, Fe)₉S₈) that are associated with sulfides and/or native noble metals of the platinum group (Pt, Os, Ir, etc.)
- Auriferous pyrite at pH 4.0 - 4.5
- Copper-nickel ores for bulk flotation of chalcopyrite and pentlandite at pH 4.0 - 5.0 with subsequent separation in the strongly alkaline range (pH > 10.5).

Use of frothers

HOSTAFLOT™ LIB does not froth in the neutral to acid ranges and froths only slightly in the strongly alkaline range. Therefore, the addition of a frother such as Clariant's FLOTANOL™ frothers is required for all copper ores, regardless of the pH.

Dosage

HOSTAFLOT™ LIB that requires only short conditioning times. Suitable points of addition are classifier overflows, conditioning tanks, and the feed boxes of flotation cells.

HOSTAFLOT™ LIB is miscible in water. It can be added to the flotation pulp undiluted. For precise metering, 5 - 12% aqueous solutions are often used. If HOSTAFLOT™ LIB is used in combination with xanthates, the collectors can be dissolved together and dosed from the same solutions and by the same metering device.

The dosage of HOSTAFLOT™ LIB typically can vary from 10 - 50 g/t.

Handling and Storage

HOSTAFLOT™ LIB containers should be protected from extreme temperatures.

For safe handling and storage information, including materials of construction, please see section 7 of the latest Safety and Data Sheet.

Safety Precautions

For safety precautions, please refer to the Safety Data Sheet.

Publisher

Clariant Mining Solutions
2750 Technology Forest Blvd.
The Woodlands, Texas 77381
USA

Copyright ©

Clariant International Ltd, 2022

Contact

www.clariant.com/mining

Issue

July 2022

Properties

Composition	Formulated mixture of thio compounds
Appearance / 20 °C	Yellow to brownish red clear liquid
Density / 20 °C	Approx. 1.1 g/cm ³
Viscosity / 20 °C	Approx. 10 mPa·s
Solubility in Water	Soluble
Freezing Point	-8 °C
pH / 20 °C (10% aqueous solution)	12 - 13

Publisher

Clariant Mining Solutions
2750 Technology Forest Blvd.
The Woodlands, Texas 77381
USA

Copyright ©

Clariant International Ltd, 2022

Contact

www.clariant.com/mining

Issue

July 2022

This information corresponds to the present state of our knowledge and is intended as a general description of our products and their possible applications. Clariant makes no warranties, express or implied, as to the information's accuracy, adequacy, sufficiency or freedom from defect and assumes no liability in connection with any use of this information. Any user of this product is responsible for determining the suitability of Clariant's products for its particular application.* Nothing included in this information waives any of Clariant's General Terms and Conditions of Sale, which control unless it agrees otherwise in writing. Any existing intellectual/industrial property rights must be observed. Due to possible changes in our products and applicable national and international regulations and laws, the status of our products could change. Material Safety Data Sheets providing safety precautions, that should be observed when handling or storing Clariant products, are available upon request and are provided in compliance with applicable law. You should obtain and review the applicable Material Safety Data Sheet information before handling any of these products. For additional information, please contact Clariant.

*For sales to customers located within the United States and Canada the following applies in addition: NO EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY IS MADE OF THE MERCHANTABILITY, SUITABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR OTHERWISE OF ANY PRODUCT OR SERVICE.

ANNEXE

QC3-3-1

NOTE TECHNIQUE – MODÉLISATION
DES ÉVÉNEMENTS DE RÉSERVOIR



NOTE TECHNIQUE

À : Hélène Cartier (Ressources Falco Ltée.)

DE : Julien Poirier (WSP)

OBJET : QC3-3-1 - Modélisation de la dispersion atmosphérique des événements de réservoirs – Projet Horne 5 – Falco Ressources

DATE : 15 décembre 2023

MISE EN CONTEXTE

Dans le contexte de l'évaluation environnementale du projet Horne 5 de Ressources Falco Ltée (Falco), une étude de la dispersion atmosphérique a été déposée au MELCCFP dont la plus récente version correspond à la Révision 3 (WSP, 2023).

À la suite du dépôt de ce rapport de modélisation, le MELCCFP a déposé une troisième série de questions et commentaires (MELCCFP, 2023b) et, à la question QC3-3, le MELCCFP identifie les événements de réservoir de certains réactifs comme étant susceptibles d'être des sources d'émission pour le projet. La présente note technique expose donc une analyse de ces émissions potentielles et de leur modélisation dans l'atmosphère, et ce, en vue de vérifier leur conformité avec les normes et critères de qualité de l'atmosphère.

Parmi les réactifs identifiés, l'emploi et l'entreposage de l'acide sulfurique, du peroxyde d'hydrogène et de l'acide de Caro (acide peroxymonosulfurique) sont susceptibles d'être émis par le projet.

NORMES ET CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

Selon le document des *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère* [NCQQA] (MELCCFP, 2023a), il existe des critères pour ces substances, et ce, pour les périodes 1 heure et 1 an. Ceux-ci sont présentés au tableau 1.

Tableau 1 : Concentrations initiales et seuils applicables pour les substances d'intérêt

Substance	CAS	Période	Statistique	Valeur limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Type de seuil	Concentration initiale NCQQA V8 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Acide sulfurique	7664-93-9	1 heure	1er maximum	4.4	Critère	0
Peroxyde d'hydrogène	7722-84-1	1 heure	1er maximum	14	Critère	0
Acide peroxymonosulfurique	7722-86-3	1 heure	1er maximum	50	Critère	0
		1 an	1er maximum	5	Critère	0

MÉTHODE DE MODÉLISATION

La méthode de modélisation générale employée pour obtenir les résultats présentés dans cette note technique est la même que celle décrite à la section 6 du rapport de modélisation Révision 3. C'est-à-dire que le modèle¹, les options, les données

¹ La version du modèle AERMOD a néanmoins été ajustée pour une version plus récente, soit la version 22112. Le changement de version n'impact généralement pas les résultats de modélisation de façon significative.

météorologiques, les récepteurs et la topographie, etc. qui ont été considérés sont exactement les mêmes. La seule distinction réside dans les sources considérées et les composés émis.

CARACTÉRISATION DES SOURCES D'ÉMISSION ET MODÉLISATION

À l'usine de traitement du minerai du projet Horne 5, l'acide de Caro est utilisé dans le procédé de détoxification du cyanure. Cet acide est préparé sur le site à partir des deux réactifs, soit l'acide sulfurique et le peroxyde d'hydrogène. Ces deux réactifs sont d'abord reçus et entreposés dans des réservoirs de réceptions avant d'être transféré vers des réservoirs tampons de volume inférieur. À partir de ces réservoirs tampons, les solutions alimentent le réacteur de fabrication de l'acide de Caro pour le stocker dans un réservoir. L'acide de Caro est fabriqué et utilisé en continu selon les besoins de consommation du procédé. Au total, six réservoirs ont été identifiés. Ceux-ci sont décrits au tableau 2. Les activités susceptibles de présenter les plus grandes émissions sont lors des remplissages ou transferts des réservoirs. Le tableau décrit donc les caractéristiques de ces activités.

La description des événements, et donc des sources d'émission, est donnée au tableau 3. La carte 1 présente la localisation de ces événements. Le réservoir 670-TNK-683 est vide en condition d'opération normale et n'a donc pas été modélisé. Pour ce qui est du réservoir d'acide de Caro (670-TNK-741), celui contiendra un mélange d'acide sulfurique, de peroxyde d'hydrogène et d'acide de Caro. L'acide de Caro est un composé non volatil. Néanmoins, peu d'information technique quantitative est disponible pour cette substance afin de quantifier ses émissions potentielles. Une pression de vapeur de 7,24E-17 mm Hg (9,65E-15 Pa) à 25°C est estimée à l'aide du modèle MPBPWIN de *Estimation Program Interface Suite* de l'US-EPA². Cette pression de vapeur est très faible et indiquerait que, pour une substance pure, la concentration de saturation potentielle à la source serait de l'ordre de 4.44E-16 g/m³, ce qui est négligeable en comparaison des critères de qualité de l'air. L'acide de Caro n'est donc pas susceptible d'être émis et n'a donc pas été considéré dans la modélisation. Ainsi, par conservatisme, pour le réservoir d'acide de Caro, la composition du mélange des intrants avant la réaction au réacteur (avant la formation de l'acide de Caro) a été considérée, et ce, afin de maximiser l'estimation des émissions potentielles de l'acide sulfurique et du peroxyde d'hydrogène. La composition des mélanges considérés pour la modélisation est alors donnée au tableau 4.

Puisque les réactifs présentent des critères sur une période 1 heure, la modélisation a été effectuée à partir de taux d'émission instantanés maximaux sur cette période. Ce taux correspond au taux maximal pouvant survenir lors de la réception des intrants ou de l'utilisation des réservoirs. Bien que ces opérations soient intermittentes, cette méthode permet d'évaluer de façon conservatrice les concentrations maximales pouvant survenir sur une courte période. Le calcul des taux d'émission a été effectué sous l'hypothèse conservatrice que l'équilibre thermodynamique est atteint dans les réservoirs et donc que les différents composés y ont atteint leurs concentrations à saturation (maximales).

Afin de calculer les concentrations à saturation des composés, la pression de vapeur est d'abord calculée pour chacune des substances des mélanges. Lorsque disponible, la pression de vapeur est calculée à partir des coefficients d'Antoine qui permet le calcul de la pression de vapeur pour une température donnée. Pour les besoins de la modélisation, comme les réservoirs sont à température ambiante, une température maximale par mois a été déterminée à partir des données météorologiques pour le calcul des pressions de vapeurs. Le tableau 5 montre les températures considérées par mois, tandis que le tableau 6 montre les pressions de vapeurs pour chacune des substances en fonction des températures considérées.

La loi de Raoult permet ensuite le calcul des pressions partielles des composés à partir de leurs fractions molaires dans le mélange liquide et de leurs pressions de vapeur saturante. En réalité, la loi de Raoult suppose des substances idéales où l'interaction entre les molécules d'un mélange est identique. Pour certains mélanges, une déviation positive ou négative de la loi de Raoult peut être observée. Néanmoins, pour les composés considérés, l'utilisation de la loi de Raoult est conservatrice. Par la suite, la loi des gaz parfaits permet le calcul des concentrations à saturation à partir des pressions partielles, de la

² <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.2035480.html>
<https://www.epa.gov/tsca-screening-tools/epi-suitetm-estimation-program-interface>

température considérée et des masses moléculaires des composés. Le tableau 7 présente les concentrations pour chacun des mélanges en fonction des températures considérées.

Finalement, sous ces hypothèses, et puisque le débit de gaz expulsé peut être estimé par le volume transvidé, le taux d'émission à un événement est obtenu en multipliant le débit remplissage/utilisation du réservoir par la concentration à saturation pour chaque composé du mélange gazeux. Les taux d'émissions de chacune des substances pour chacun des événements sont présentés au tableau 8.

Pour les réservoirs de réceptions des intrants (670-TNK-681 et 670-TNK-701), comme il s'agit d'activités intermittentes peu fréquentes, ceux-ci ont été modélisés une heure par jour. Tandis que les autres réservoirs ont été modélisés en continu toutes les heures de la journée. Dans tous les cas, par conservatisme, les sources ont été modélisées tous les jours de l'année, ce qui surestime l'utilisation de ces réservoirs.

Les résultats de la modélisation de ces sources sont présentés aux tableaux 9 et 10. À la limite d'application des normes et critères, les concentrations maximales modélisées respectent les critères et représentent 0,03 % et 47 % des critères d'acide sulfurique et de peroxyde d'hydrogène, respectivement. Aux récepteurs sensibles, les concentrations maximales modélisées sont également très faibles et représentent 0,01 % et 16 % de chacun des critères. Dans les deux cas, ce sont les réservoirs de réceptions des intrants (670-TNK-681 et 670-TNK-701) qui représentent les contributeurs principaux, notamment en raison des débits plus élevés et, donc, de leur émission plus élevée. En raison des faibles concentrations modélisées, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

CONCLUSION

Afin de vérifier la conformité des émissions des événements de réservoir de certains réactifs du projet Horne 5, une caractérisation des taux d'émissions potentiels de l'acide sulfurique, du peroxyde d'hydrogène et de l'acide de Caro a été réalisée. L'analyse des résultats et la modélisation de la dispersion atmosphérique utilisant les taux d'émissions estimés confirment la conformité des émissions de ces composés. Spécifiquement aux récepteurs sensibles, les concentrations maximales modélisées sont faibles et ne représentent que 0,01 % et 16 % des critères d'acide sulfurique et de peroxyde d'hydrogène, respectivement. Pour l'acide de Caro, cette substance n'est pas volatile et les concentrations d'émission potentielles sont négligeables par rapport aux critères de qualité de l'atmosphère.

PRÉPARÉ PAR



Julien Poirier, ing., M. Sc.
OIQ 5031699
Coordonnateur et directeur de projets en qualité de l'air

JP/nl



RÉFÉRENCES

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MELCCFP). 2023a. *Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère*. Québec. Direction de la qualité de l'air et du climat. Version 8.

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCFP). 2023b. *Troisième série de questions et commentaires pour le projet minier Horne 5 sur le territoire de la ville de Rouyn-Noranda par Ressources Falco Ltée*.

WSP. 2023. *Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Québec. Étude sectorielle sur la modélisation de la dispersion atmosphérique - Révision 3. Rapport No : 151-11330-09-240-RPT-001*. Trois-Rivières, Québec. Rapport produit pour Ressources Falco Ltée.

Tableau 2 : Description des réservoirs et de leur utilisation au site du CMH5

Caractéristiques	Événements réservoirs de peroxyde d'hydrogène			Événements réservoirs acides sulfuriques		Événements réservoirs acides de CARO
	670-TNK-681	670-TNK-682	670-TNK-683	670-TNK-701	670-TNK-702	670-TNK-741
Composition des substances	Solution de peroxyde d'hydrogène à 70 % (p/p)		Normalement vide	Solution d'acide sulfurique à 93 % (p/p)		Acide de Caro; Fabriqué à partir de 73 % de solution d'acide sulfurique et 27 % de solution de peroxyde d'hydrogène.
Volume	35 m ³	0,5 m ³	0,6 m ³	53 m ³	1,2 m ³	0,6 m ³
Description de l'utilisation	Remplissage sur 1 heure	Temps de transfert de 5 minutes	Normalement vide	Remplissage sur 2 heures	Temps de transfert de 5 minutes	Niveau maintenu en continu selon consommation.; Utilisation prévue de 1 m ³ /h
Durée du transfert	1 heure	5 minutes	-	2 heures	5 minutes	Niveau maintenu
Débit effectif	35 m ³ /h	0,1 m ³ /min pendant 5 minutes ou; 0,2 m ³ /h moyen sur 1 heure	-	26,5 m ³ /h	0,24 m ³ /h pendant 5 minutes ou; 1,2 m ³ /h moyen sur 1 heure	1 m ³ /h
Température du réservoir	Ambiant extérieur	Ambiant intérieur; température minimale de 5°C	Ambiant extérieur	Ambiant extérieur; température minimale de -20°C	Ambiant intérieur; température minimale de 5°C	Ambiant intérieur; température minimale de 5°C

Tableau 3 : Caractéristiques physiques des événements modélisés au site du CMH5

Identifiant	Numéro d'équipement	X (m)	Y (m)	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (°C)	Débit effectif (m³/h)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)	Type de source	Temps d'opération par jour (h/j)	Mélange
r681	670-TNK-681	647 794	5 346 972	295.0	5.3	Ambiante	35	1.24	0.10	Horizontal	1h par jour	Solution peroxyde
r682	670-TNK-682	647 786	5 346 988	295.0	11.0	Ambiante, min. de 5°C	0.2	0.01	0.10	Horizontal	En continu	Solution peroxyde
r683	<i>Non modélisé, puisque vide en opération normale</i>											
r701	670-TNK-701	647 792	5 346 977	295.0	4.9	Ambiante, min. de -20°C	26.5	0.94	0.10	Horizontal	2h par jour	Solution acide sulfurique
r702	670-TNK-702	647 786	5 346 988	295.0	11.0	Ambiante, min. de 5°C	1.2	0.04	0.10	Horizontal	En continu	Solution acide sulfurique
r741	670-TNK-741	647 786	5 346 988	295.0	11.0	Ambiante, min. de 5°C	1	0.14	0.05	Horizontal	En continu	Intrant acide de Caro

Tableau 4 : Compositions des mélanges considérés pour la modélisation

Mélange	Composition massique (%)			Composition volumique (%)			Composition molaire (%)		
	Solution acide sulfurique	Solution peroxyde	Intrant acide de Caro	Solution acide sulfurique	Solution peroxyde	Intrant acide de Caro	Solution acide sulfurique	Solution peroxyde	Intrant acide de Caro
Peroxyde d'hydrogène	-	70%	15%	-	62%	17%	-	55%	24%
Acide sulfurique	93%	-	73%	88%	-	64%	71%	-	40%

Tableau 5 : Température par mois considérée pour le calcul des émissions des événements

Identifiant	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
	Température considérée (°C)											
r681	6	2	25	20	31	31	33	31	28	22	17	12
r682	6	6	25	20	31	31	33	31	28	22	17	12
r701	6	2	25	20	31	31	33	31	28	22	17	12
r702	6	6	25	20	31	31	33	31	28	22	17	12
r741	6	6	25	20	31	31	33	31	28	22	17	12

Tableau 6 : Pression de vapeur des substances en fonction des températures considérées

Substance	Coefficients d'Antoine			Température (°C)											
				6	2	25	20	31	31	33	31	28	22	17	12
	A	B (°C)	C (°C)	Pression de vapeur (Pa)											
Peroxyde d'hydrogène	8.1	1958.2	226.8	6.14E+01	4.38E+01	2.65E+02	1.84E+02	4.02E+02	4.02E+02	4.60E+02	4.02E+02	3.27E+02	2.13E+02	1.47E+02	1.00E+02
Acide sulfurique	8.3	2976.8	214.0	7.52E-04	4.22E-04	8.96E-03	4.85E-03	1.81E-02	1.81E-02	2.27E-02	1.81E-02	1.28E-02	6.22E-03	3.32E-03	1.72E-03

Tableau 7 : Concentrations à saturation des mélanges en fonction des températures considérées

Mélange	Substance	Température (°C)											
		6	2	25	20	31	31	33	31	28	22	17	12
		Concentration à saturation (g/m ³)											
Solution peroxyde	Peroxyde d'hydrogène	4.98E-01	3.60E-01	2.01E+00	1.42E+00	2.99E+00	2.99E+00	3.40E+00	2.99E+00	2.46E+00	1.64E+00	1.15E+00	7.93E-01
	Acide sulfurique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solution acide sulfurique	Peroxyde d'hydrogène	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acide sulfurique	2.25E-05	1.28E-05	2.51E-04	1.39E-04	4.98E-04	4.98E-04	6.20E-04	4.98E-04	3.55E-04	1.76E-04	9.57E-05	5.05E-05
Intrant acide de Caro	Peroxyde d'hydrogène	2.14E-01	1.55E-01	8.64E-01	6.12E-01	1.29E+00	1.29E+00	1.46E+00	1.29E+00	1.06E+00	7.03E-01	4.93E-01	3.41E-01
	Acide sulfurique	1.28E-05	7.32E-06	1.43E-04	7.89E-05	2.84E-04	2.84E-04	3.53E-04	2.84E-04	2.02E-04	1.01E-04	5.45E-05	2.88E-05

Tableau 8 : Taux d'émission par mois considérés pour les événements

Identifiant	Émission de peroxyde d'hydrogène (g/s)											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
r681	4.84E-03	3.50E-03	1.95E-02	1.38E-02	2.91E-02	2.91E-02	3.30E-02	2.91E-02	2.39E-02	1.59E-02	1.12E-02	7.71E-03
r682	2.77E-05	2.77E-05	1.12E-04	7.90E-05	1.66E-04	1.66E-04	1.89E-04	1.66E-04	1.36E-04	9.09E-05	6.37E-05	4.40E-05
r701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r702	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r741	5.95E-05	5.95E-05	2.40E-04	1.70E-04	3.57E-04	3.57E-04	4.06E-04	3.57E-04	2.93E-04	1.95E-04	1.37E-04	9.47E-05

Identifiant	Émission d'acide sulfurique (g/s)											
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
r681	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r682	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
r701	1.66E-07	9.45E-08	1.85E-06	1.02E-06	3.66E-06	3.66E-06	4.57E-06	3.66E-06	2.62E-06	1.30E-06	7.04E-07	3.72E-07
r702	7.51E-09	7.51E-09	8.38E-08	4.62E-08	1.66E-07	1.66E-07	2.07E-07	1.66E-07	1.18E-07	5.88E-08	3.19E-08	1.68E-08
r741	3.57E-09	3.57E-09	3.98E-08	2.19E-08	7.88E-08	7.88E-08	9.82E-08	7.88E-08	5.62E-08	2.79E-08	1.51E-08	7.99E-09

Tableau 9 : Résultats de modélisation au domaine d'application

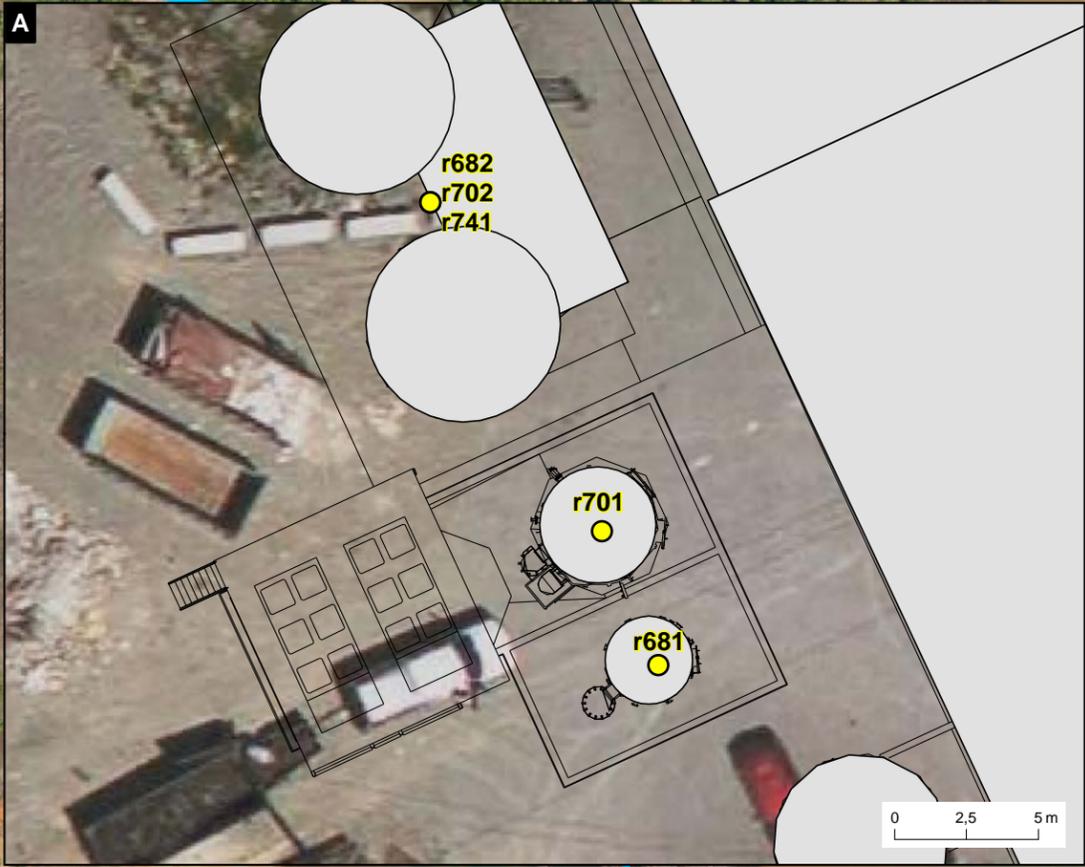
Description du critère							Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères (µg/m³)					Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)	
Substance	Acronyme, formule chimique ou # CAS	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Maximum par année de l'échantillon météorologique								Maximum
							A1	A2	A3	A4	A5				
Acide sulfurique	7664-93-9	Critère	1 heure	1er maximum	4.4	0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	100	0.03
Peroxyde d'hydrogène	7722-84-1	Critère	1 heure	1er maximum	14	0	5.3	5.1	6.6	3.6	6.6	6.6	6.6	100	47

Tableau 10 : Résultats de modélisation aux récepteurs sensibles

Description du critère							Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles (µg/m³)					Concentration totale modélisée (µg/m³)	Contribution du projet (%)	Pourcentage de la valeur limite (%)	
Substance	Acronyme, formule chimique ou # CAS	Type de seuil	Période	Statistique	Valeur limite (µg/m³)	Concentration initiale (µg/m³)	Maximum par catégorie								Maximum
							Établissement d'enseignement	Établissement de soin	Résidences sud	Résidences sud-ouest	Résidences nord-ouest				
Acide sulfurique	7664-93-9	Critère	1 heure	1er maximum	4.4	0	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	100	0.01
Peroxyde d'hydrogène	7722-84-1	Critère	1 heure	1er maximum	14	0	1.2	0.6	2.3	1.0	1.9	2.3	2.3	100	16



— Limite d'application des normes et critères
 Limite de propriété
Source ponctuel
● Événement de réservoir



Modélisation de la dispersion atmosphérique
Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Qc

Site du CMH5 - Scénario d'exploitation
Sources d'émissions des événements de réservoirs

Source : Image Falco

Échelle : 1 : 2 500
0 25 50 m
UTM, fuseau 17, NAD83

Décembre 2023

Carte 1



ANNEXE

QC3-4-1

FICHES TECHNIQUES DES
ÉQUIPEMENTS





BT3 Boom Truck Specifications Sheet

Presenting the BT3 Boom Truck

Today's fast-track mining methods require the timely supply of materials and equipment to far-flung underground work places. The BT3 Boom Truck provides a reliable, high-capacity, high-speed system to meet this challenge.

Technical data

- Crane options to suit application
- Up to 14,500 kg (32,000 lbs) payload (with axle and tire upgrade)
- Heavy duty deck with multiple configuration options
- Reliable, proven powertrain components
- All-in-one loading, transport & unloading machine

Specifications

This vehicle uses the included specifications in its design. Contact MacLean Engineering for vehicle specification details relating to optional features and shipping requirements.

Engine

- Mercedes-Benz 904 Engine (Tier 3)
 - Power Rating @ 110 kW (147 hp)
 - Four cylinder, four stroke (electronically controlled)
 - Turbo charged (air to air charge cooled)
 - Mesabi radiator and cooling package

Transmission

- Dana T14 Transmission
- Three gear speed Forward direction and Reverse direction
- Electric shift control

Axles

- Dana 113/113 Axles
- Oscillation on power-end axle +/-10°
- 15,000 kg (33,000 lbs.) maximum weight
- Hydraulic applied internal wet disk brakes
- Internal SAHR Emergency and Park brakes
- Limited slip differential
- Outboard planetary gears

Brake System

The vehicle features a reliable and rugged braking system standard on all MacLean Engineering rigs:

- Independent front/rear hydraulically operated service brakes
- Spring-applied, hydraulically released Emergency/Park brakes
- Automatic Brake Application (ABA) with manual reset

Electrical System (24 VDC)

- Master Disconnect switch with lockout feature
- Alternator/Charger for 24 VDC, 100 A
- Four reverse headlights
- Four headlights
- Stainless steel electrical enclosures
- Strobe light
- Circuit breakers with circuit reset
- Back-up alarm

Hydraulic System

- Closed center hydraulic circuit
- Proportional hydraulic control valves
- Piston pump @ 110 L/min (30 USG/min)
- Pressure @ 205 bar (3000 psi)
- Return filter @ 10 micron

Driver & Passenger Compartments

- Certified ROPS/FOPS open canopy
- Side-entry clear of articulation joint
- Driver's position - center seat facing outward
- Passenger position - side seat facing forward
- Deluxe suspension seats with driver and passenger seat belts
- Stick steering controls
- Anti-slip dimple plate on all step surfaces

Frame

- Heavy-duty plate construction with modular tear-down capability
- Dual-steering cylinders
- Grouped grease fittings for articulation joint, steering pins, and oscillating axle
- Heavy-duty front bumper with towing capability
- Articulation lock bar
- Wheel chock holders

Exhaust System

- HTI coating on manifold and turbo
- Insulation blankets on exposed components
- Emissions test ports

Tires

- Tire size 12.00 x 20 air
- Lugged tread design with 20-ply pneumatic tires

Crane

Palfinger PK 11.001 Crane

- Rating 10.0 t.m. (72,350 ft-lbs)
- Maximum reach 1,200 kg (2,700 lbs) lift @ 7.6 m (25')
- Maximum lifting capacity 2,500 kg (5,500 lbs)

Heavy Duty Deck

- 2.44 m x 3.66 m (8' x 12')
- Deck capacity 10,000 kg (22,000 lbs)
- Low deck 0.89 m (35") deck height
- Between wheel wells 1.57 m (62")
- Headboard/crane protector 0.61 m (24")
- Four load tie-downs

Jacks

- Stabilizing jacks (2) 0.60 m (23")

Optional Equipment

- Mercedes 906 Tier 3 engine with exhaust brake and converter lock-up
- Volvo TAD570/2 Tier 4F engine with converter lock-up
- Dana 114 rear axle
- Engine end hydro-pneumatic suspension with adjustable ride control
- Enclosed cabin with heat and AC
- Fire suppression, check-fire auto detection and handheld extinguisher
- Automatic lubrication
- MacLean Mine-Mate™ Folding crane
- Radio or hard-wired remote
- Brake inter-locking for stabilizers/jacks
- Flat deck without wheel wells
- Extended length deck
- Heavy duty tailgate and side panels
- Tires, solid or foam filled or aircraft retreads
- Tool box
- Emergency steering system
- Backup camera(s)
- Vehicle monitoring and telemetry system

Volumes and Capacities

- Hydraulic tank @ 95 L (25 USG)
- Diesel tank @ 150 L (40 USG)

Speed Ranges

- Empty on 0% Grade
 - 1st gear @ 3.9 km/h (2.4 mph)
 - 2nd gear @ 8.2 km/h (5.1 mph)
 - 3rd gear @ 14.3 km/h (8.9 mph)
- Empty on 15% Grade
 - Mercedes 904 engine @ 8 km/h (5 mph)
 - Mercedes 906 engine @ 12 km/h (7 mph)

Documentation

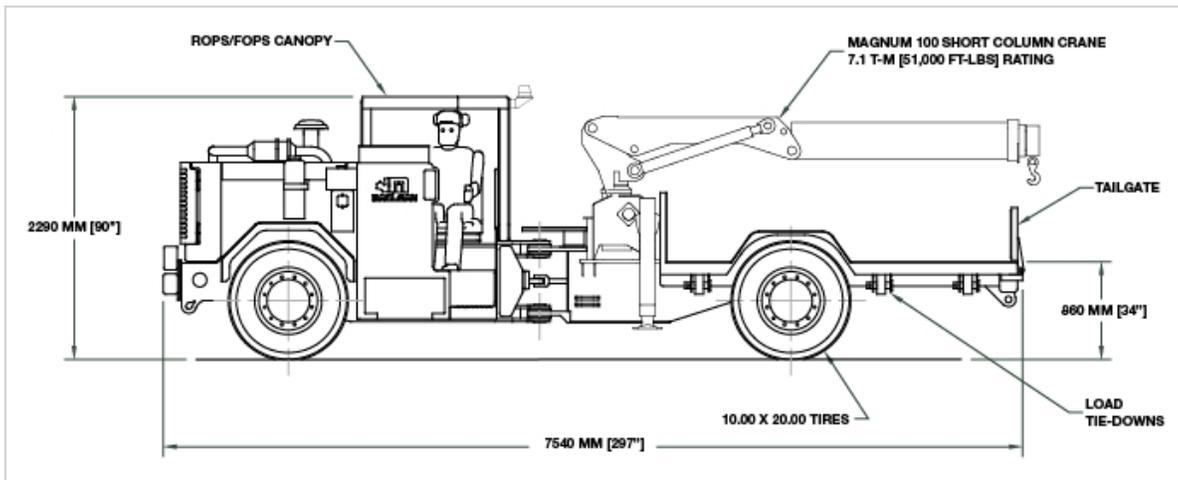
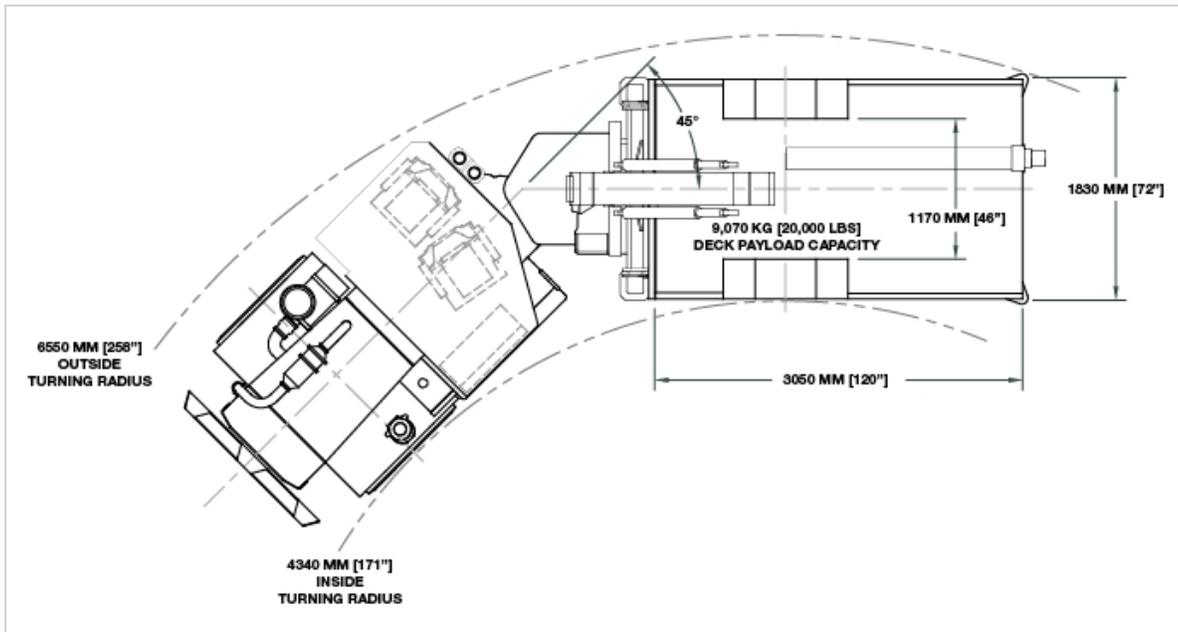
- Operator, parts, and maintenance manuals provided with vehicle
- Documoto interactive electronic parts manual
- D-size printed and laminated schematics, ladder, and wiring diagrams
- French and Spanish parts and operator manuals available

Weights and Dimensions

Vehicle weights and dimensions may vary based on the final selection of vehicle options. Contact MacLean Engineering for more information relating to vehicle weights and shipping costs.

Empty	15,400 kg (34,000 lbs)
Width	2.44 m (96")
Length	8.91 m (351")
Tramming Height	2.46 m (97")
Steering Angle	+/- 40°
Inside Turning Radius	6.10 m (240")
Outside Turning Radius	8.99 m (354")

Turning Radius Specifications



MacLean Engineering reserves the right to modify or remove specification sheet details at any time without notice.



Corporate Offices
300 Raglan Street
Collingwood, Ontario
Canada L9V 3Z1



CS3 Cassette System Specifications Sheet

Presenting the CS3 Cassette System

The versatility of interchangeable cassettes provides the ability to complete several tasks with a single vehicle. The CS3 Cassette Truck is designed for full utilization through its ability to continuously adjust configurations allowing for reduced fleet size and lower capital investments. The Cassette System features numerous configurations: ANFO Charger, Crane Trucks, Fuel Lube Trucks, Deck Trucks, Dump Box, Personnel Carriers, Emulsion Chargers, Lift Hook/Bin (RORO), Transmixers, Mechanics Trucks, Water Sprayers, Fuel Tankers, Scissor Lifts and Man Baskets.

Technical data

- Flexibility to combine any prime mover with multiple cassette applications
- Self-aligning frame/cassette profiles
- Simple, quick-connect latching system with four rugged jacks
- Jacks automatically secure cassette to frame when retracted
- Mechanical locking pins allow jacks to raise carrier deck end for maintenance

Specifications

This vehicle uses the included specifications in its design. Contact MacLean Engineering for vehicle specification details relating to optional features and shipping requirements.

Engine

- Mercedes-Benz 904 Engine (Tier 3)
 - Four cylinders, four stroke (electronically controlled)
 - Power Rating @ 110 kW (147 hp)
- Turbo charged (air to air charge cooled)
- Mesabi radiator and cooling package with swing-out grille for ease of maintenance

Transmission

- Dana T14 Transmission
- Three gear speed, Forward direction and Reverse direction
- Electric shift control

Axles

- Dana 113/113 Axles
- 15,000 kg (33,000 lbs.) maximum weight
- Oscillation on power-end axle +/-10°
- Hydraulic applied internal wet disk brakes
- Internal SAHR Emergency and Park brakes
- Limited slip differential

-
- Outboard planetary gears
 - Fixed mounting on application-end axle

Brake System

The vehicle features a reliable and rugged braking system standard on all MacLean Engineering rigs:

- Independent front/rear hydraulically operated service brakes
- Spring-applied; hydraulically released Emergency/Park brakes
- Automatic Brake Application (ABA) with manual reset

Electrical System (24 VDC)

- Master Disconnect switch with lockout feature
- Alternator/Charger for 24 VDC, 100 A
- Four reverse headlights
- Six headlights
- Stainless steel electrical enclosures
- Fuser starter protection 500 amp
- Strobe light
- 800 CCA batteries
- Circuit breakers with circuit reset
- Back-up alarm

Hydraulic System

- Closed center hydraulic circuit
- Piston pump @ 110 L/min (30 USG/min)
- Proportional hydraulic control valves
- Pressure @ 205 bar (3000 psi)
- Return filter @ 10 micron

Driver & Passenger Compartments

- Certified ROPS/FOPS open canopy
- Side-entry clear of articulation joint
- Driver's position - center seat facing outward
- Passenger position - side seat facing forward
- Deluxe suspension seats with driver and passenger seat belts
- Stick steering controls or steering wheel
- Anti-slip dimple plate on all step surfaces

Frame

- Heavy-duty plate construction with modular tear-down capability
- Dual-outboard steering cylinders
- Grouped grease fittings for articulation joint, steering pins, and oscillating axle
- Heavy-duty front bumper with towing capability
- Articulation lock bar
- Wheel chock holders

Exhaust System

- HTI coating on manifold and turbo
- Insulation blankets on exposed components
- Emissions test ports

Tires

- Tire size 12.00 x 20 air
- Lugged tread design with 20-ply pneumatic tires

Available Cassettes

- ANFO Charger Cassette
- Crane Cassette
- Dump Box Cassette
- Emulsion Loading Deck Cassette
- Flat Deck Cassette
- Fuel Lube Cassette
- Fuel Tanker Cassette
- Lift Hook/Bin Cassette
- Man Basket Cassette
- Mechanics Cassette
- Personnel Carrier Cassette
- Petrotac Sprayer Cassette
- Scissor Lift Cassette
- Transmixer Cassette
- Water Sprayer Cassette

Optional Equipment

- Volvo TAD570/2 Tier 4F engine with converter lock-up
- Dana 114 rear axle
- Engine end hydro-pneumatic suspension with adjustable ride control
- Enclosed cabin with heat and/or AC
- Fire suppression, Check-Fire™ auto detection and handheld extinguisher
- Automatic lubrication
- Tires, solid or foam filled or aircraft retreads
- Emergency steering system
- Electric-hydraulic power pack
- Backup camera(s) and monitors
- Vehicle monitoring and telemetry system
- Additional options available upon request

Volumes and Capacities

- Hydraulic tank @ 95 L (25 USG)
- Diesel tank @ 150 L (40 USG)

Speed Ranges

- Empty on 0% Grade
 - 1st gear @ 3.9 km/h (2.4 mph)
 - 2nd gear @ 8.2 km/h (5.1 mph)
 - 3rd gear @ 14.3 km/h (8.9 mph)
- Empty on 15% Grade
- Mercedes 904 engine @ 8 km/h (5 mph)
- Mercedes 906 engine @ 12 km/h (7 mph)

Documentation

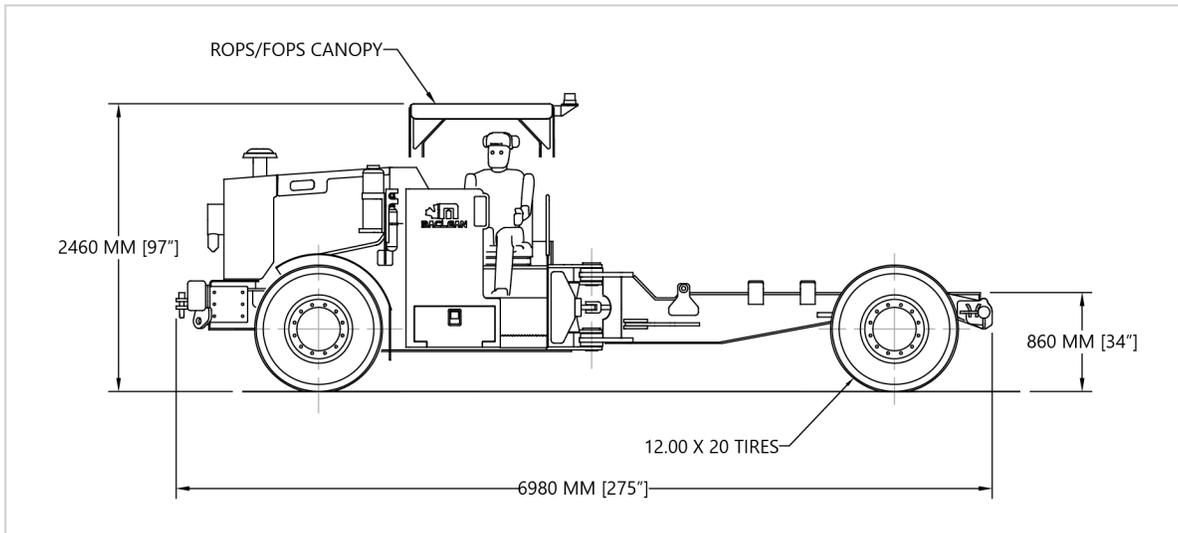
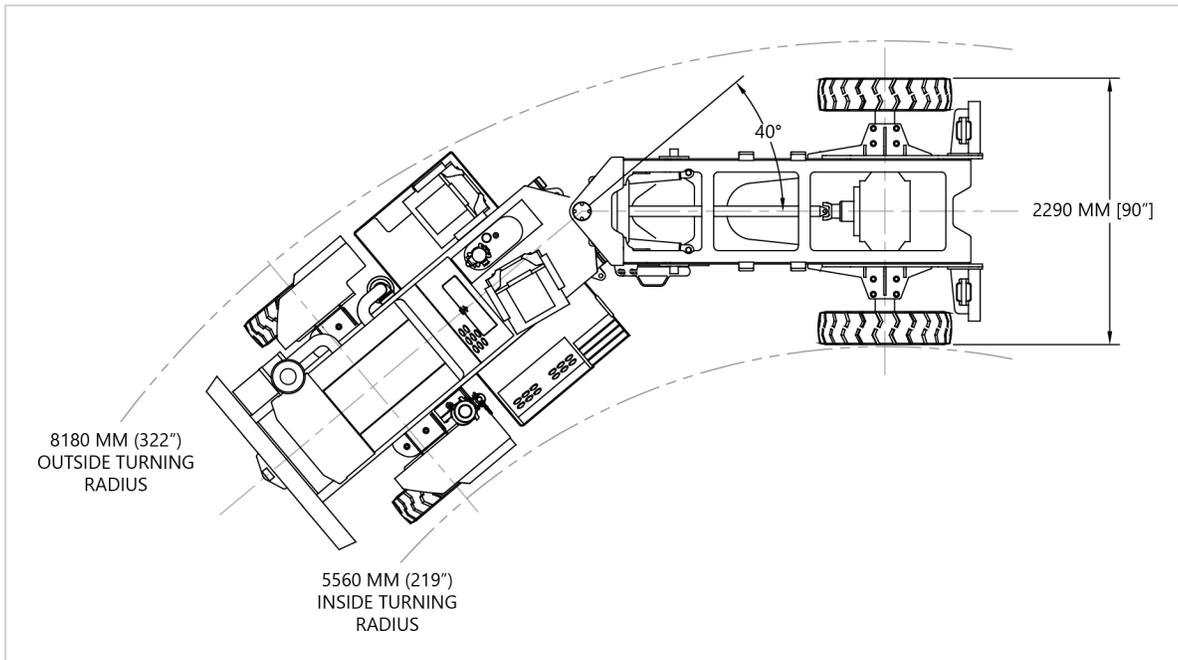
- Operator, parts, and maintenance manuals provided with vehicle
- Documoto interactive electronic parts manual
- D-size (colour) printed and laminated schematics, ladder, and wiring diagrams
- French and Spanish parts and operator manuals available

Weights and Dimensions

Vehicle weights and dimensions may vary based on the final selection of vehicle options. Contact MacLean Engineering for more information relating to vehicle weights and shipping costs.

Empty	15,900 kg (35,000 lbs)
Width	2.29 m (90")
Length	7.87 m (310")
Tramming Height	2.46 m (97")
Steering Angle	+/- 40°
Inside Turning Radius	5.56 m (219")
Outside Turning Radius	8.18 m (322")

Turning Radius Specifications



MacLean Engineering reserves the right to modify or remove specification sheet details at any time without notice.

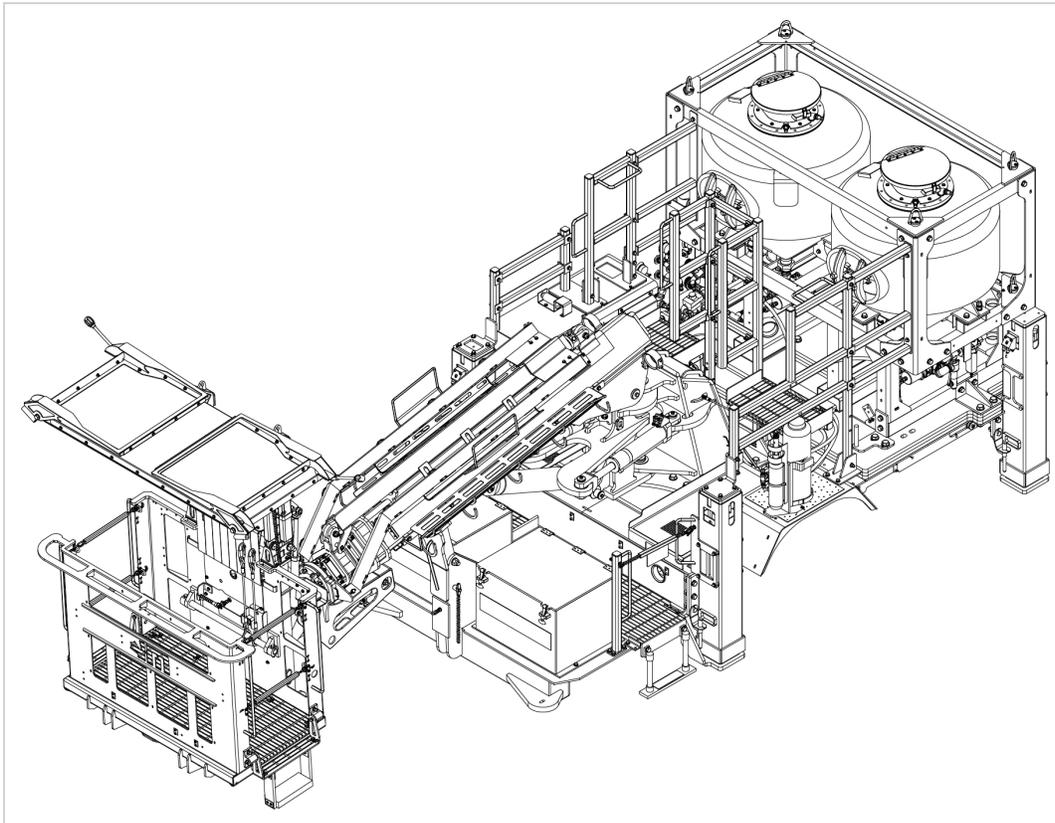
ANFO Charger Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- Up to 907 kg (2,000 lbs) ANFO carrying capacity
- Single or dual tank configuration
- Face coverage 10.0 m x 7.3 m (33' x 24')
- Two-person basket 0.97 m x 1.83 m (38" x 72")
- Basket payload 450 kg (1,000 lbs)
- Basket pivot with +/-45 degrees swing
- Available retractable canopy option
- Hydraulic cylinders with load holding valves
- Emergency power down from basket

Optional Features

- Retractable basket canopy



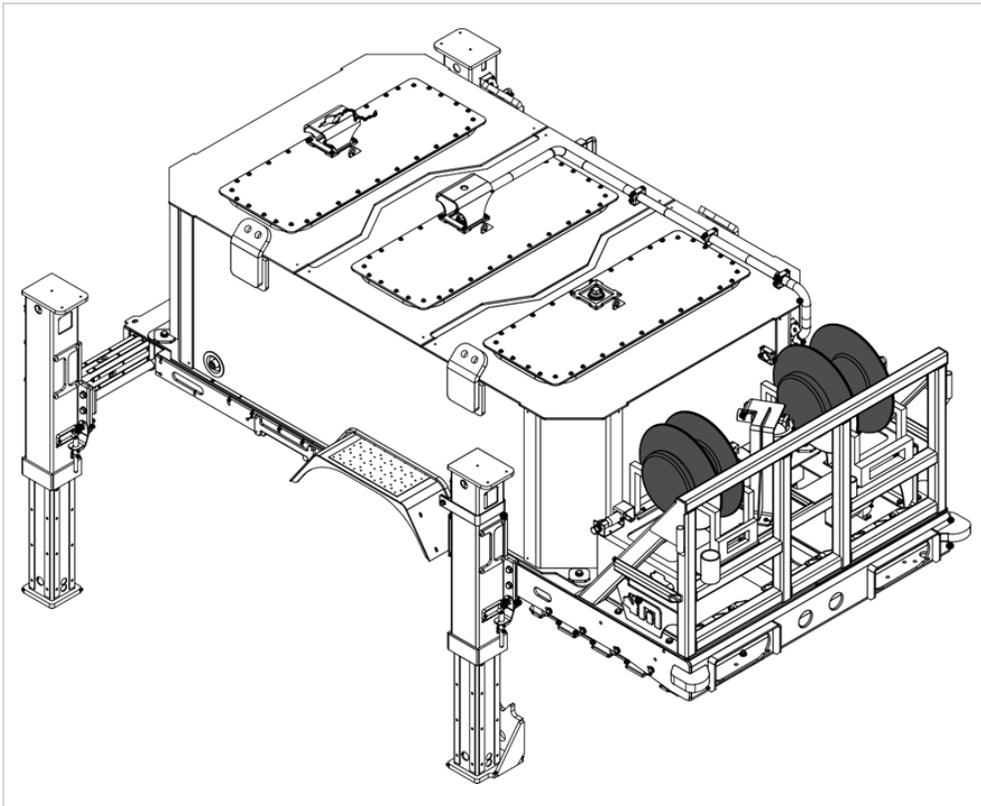
Fuel Tanker Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- 6,000 L (1,600 US gal) steel fabricated tank with baffles
- 15 m x 25 mm (50' x 1") hose with reel and OPW delivery nozzle
- Tank height at 2.16 m (85")
- Wiggins fill ports on each side
- Hydraulic driven pump with 190 L/min (50 gpm) delivery
- 15 m x 38 mm (50' x 1.5") hose with reel and Wiggins delivery nozzle

Optional Features

- Ansul® fire suppression system, 13.6 kg (30 lbs) – four nozzle
- Ansul® Checkfire™ detection system baffles
- Pneumatic driven pump to run off mine air supply



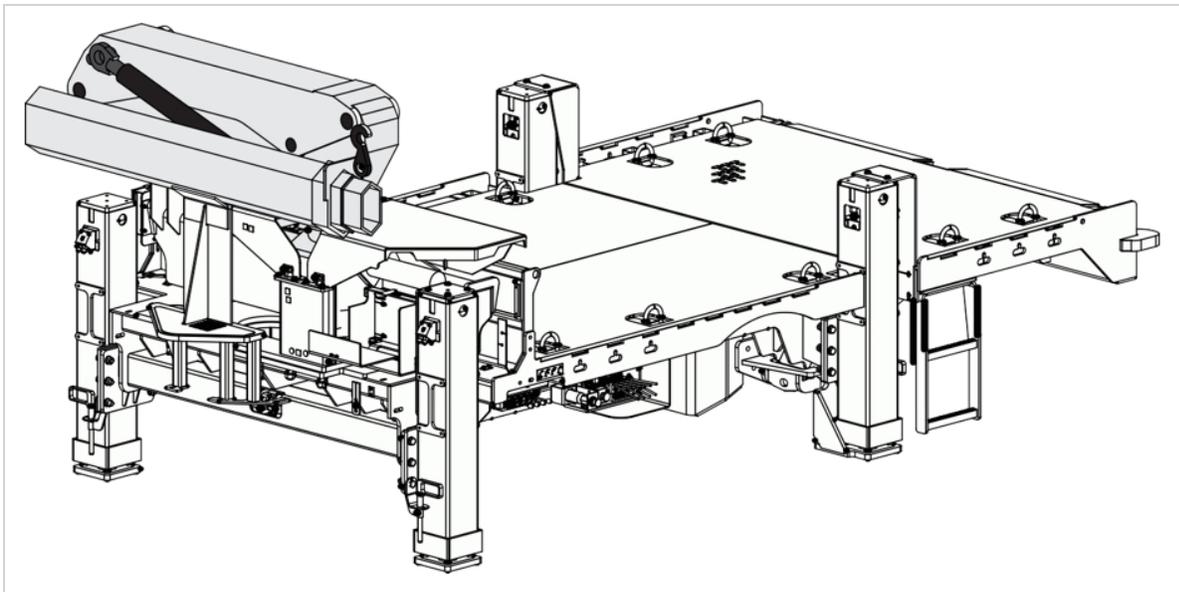
Crane Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- MacLean Mine-Mate™ non-folding crane rated at 7.1 t.m (51,000 ft-lbs)
- Hardwire remote pendant for crane controls
- Flat deck configuration (no wheel wells) at 1.17 m (46") from ground
- Deck size of 2.44 m x 3.91 m (96" x 154") with 0.50 m (20") high headboard
- Deck carrying capacity 6,350 kg (14,000 lbs)
- Four load tie down ratchet straps
- Load tie down "D" rings recessed in deck

Optional Features

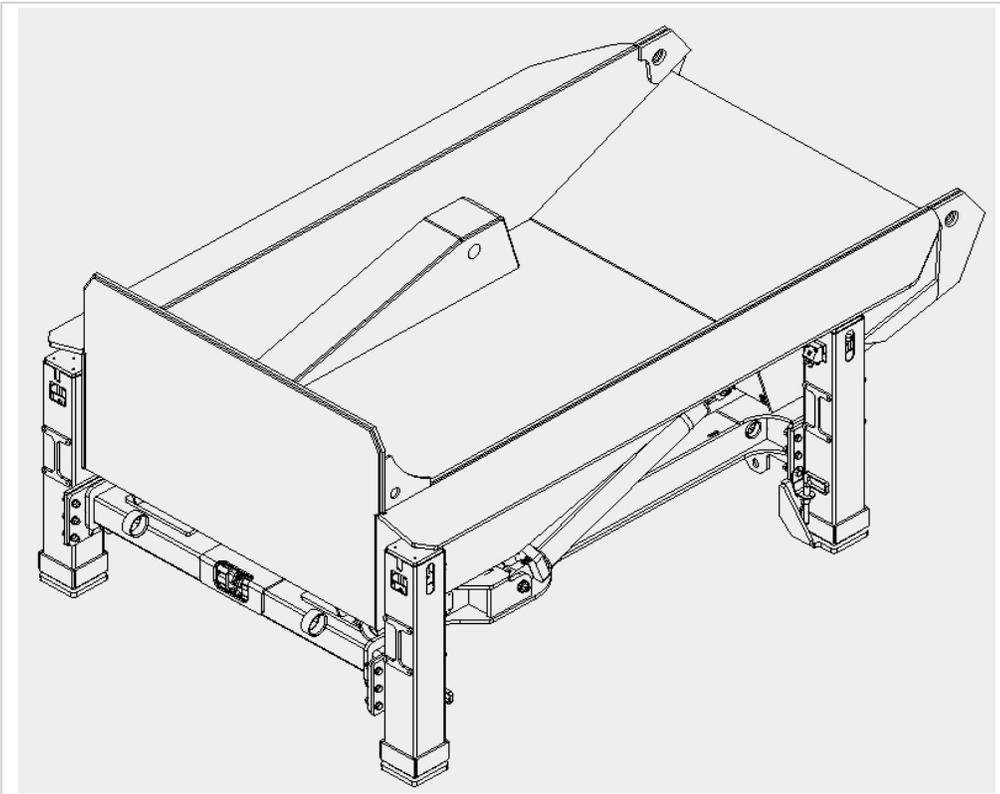
- Radio remote for crane controls
- Tailgate and side panels
- Tote bag handler
- Pallet lifter/forks



Dump Box Cassette

Standard Features

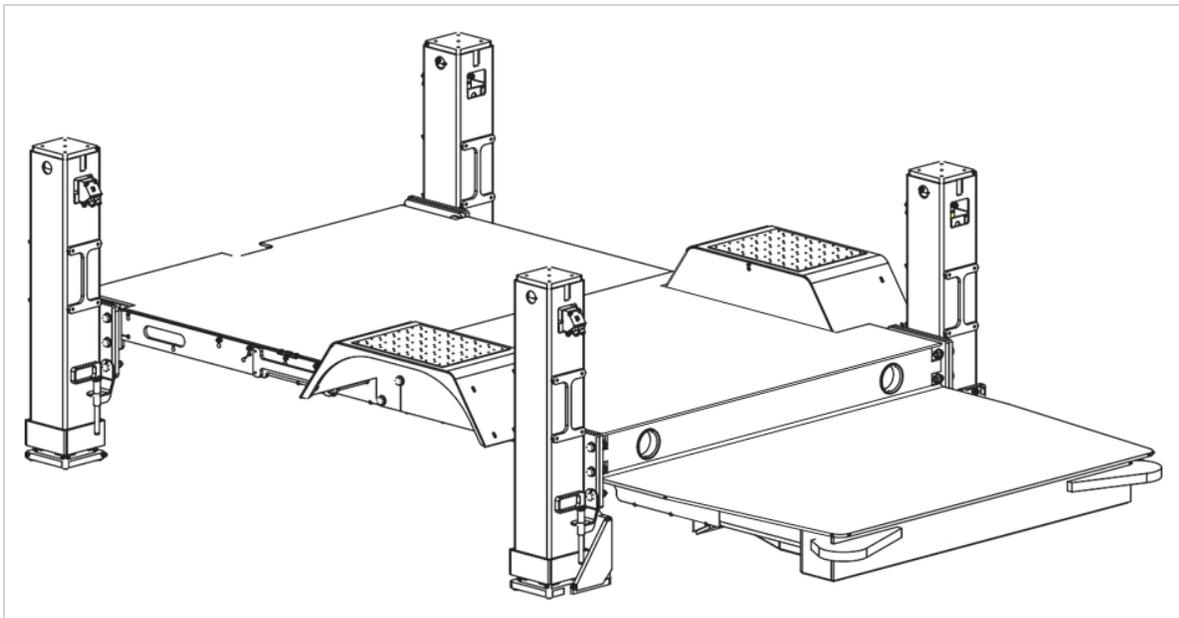
- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems, and fire suppression
- Up to 11,000 kg (24,000 lbs) load capacity
- Up to 5 m³ (6.5 yards³) volume capacity
- 60 Degrees of dumping angle requiring 4 m (13 ft) drift height
- Dumping controls located in the driver's compartment
- Raise time of 20 seconds and lowering time of 30 seconds
- Hydraulic cylinders with load holding valves



Emulsion Loading Deck Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- Base cassette supplied by MacLean Engineering
- Emulsion pumping components/module supplied by local explosive supplier
- Integration of carrier and pumping module jointly responsible
- Deck floor height at 0.97 m (38")



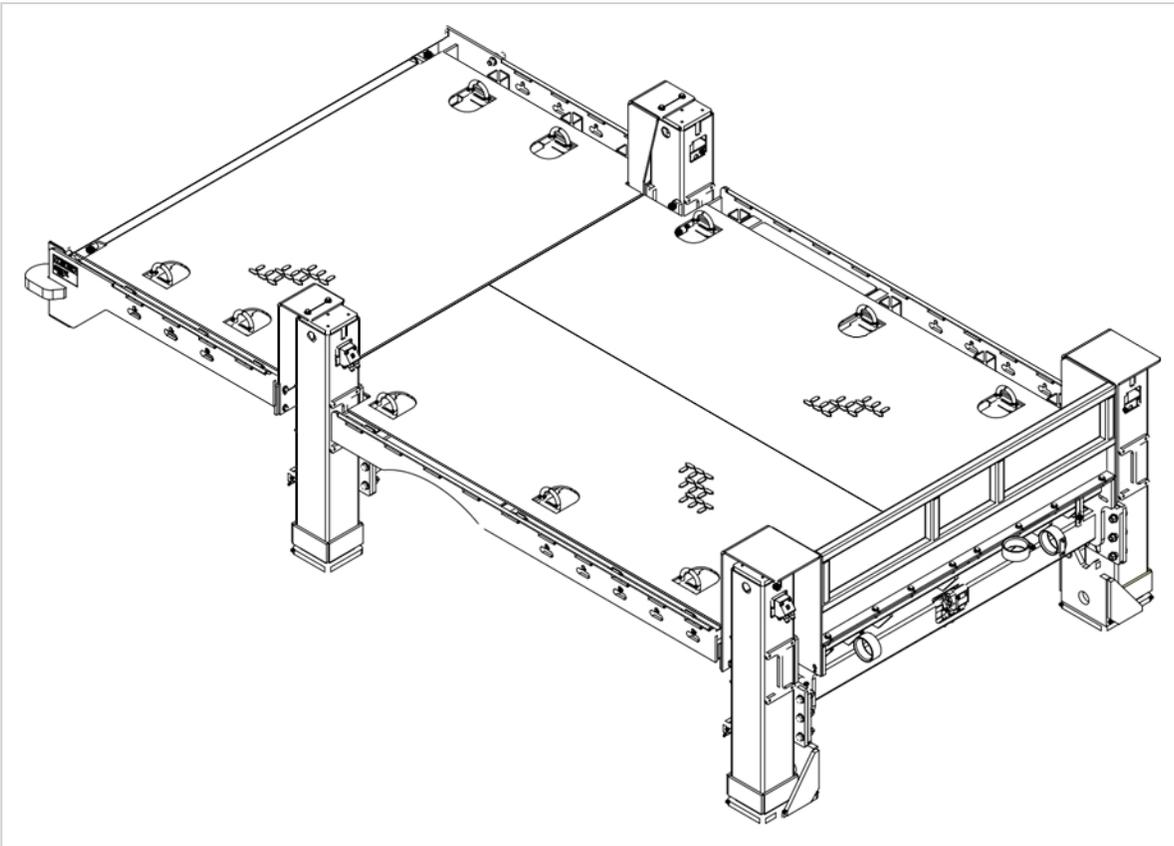
Flat Deck Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- Flat deck configuration (no wheel wells) at 1.17 m (46") from ground
- Deck size: 2.44 m x 4.47 m (96" x 176") with 0.50 m (20") high headboard
- Deck carrying capacity: 6,350 kg (14,000 lbs)
- Four load tie down ratchet straps
- Load tie down "D" rings recessed in deck

Optional Features

- Tailgate and side panels



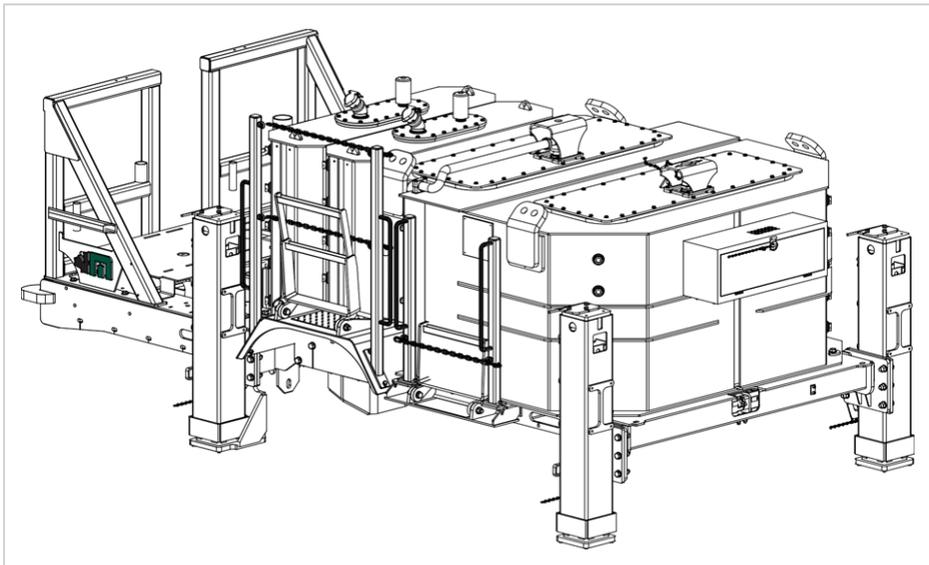
Fuel Lube Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- 2,200 L (550 US gal) fuel transfer system
- 15 m x 25 mm (50' x 1") hose with reel and OPW delivery nozzle
- 850 L (225 US gal) hydraulic oil transfer system
- 15 m x 25 mm (50' x 1") hose with reel and OPW delivery nozzle
- 850 L (225 US gal) transmission oil transfer system
- 15 m x 25 mm (50' x 1") hose with reel and OPW delivery nozzle
- 16 kg (35 lbs) greasing system
- 15 m x 10 mm (50' x 3/8") hose with reel and swivel nozzle
- All tanks steel fabricated tank with baffles
- All reels spring retract
- All pumps hydraulic driven
- Tank height at 2.01 m (79")
- Storage for four 20 L (5 gal) pails

Optional Features

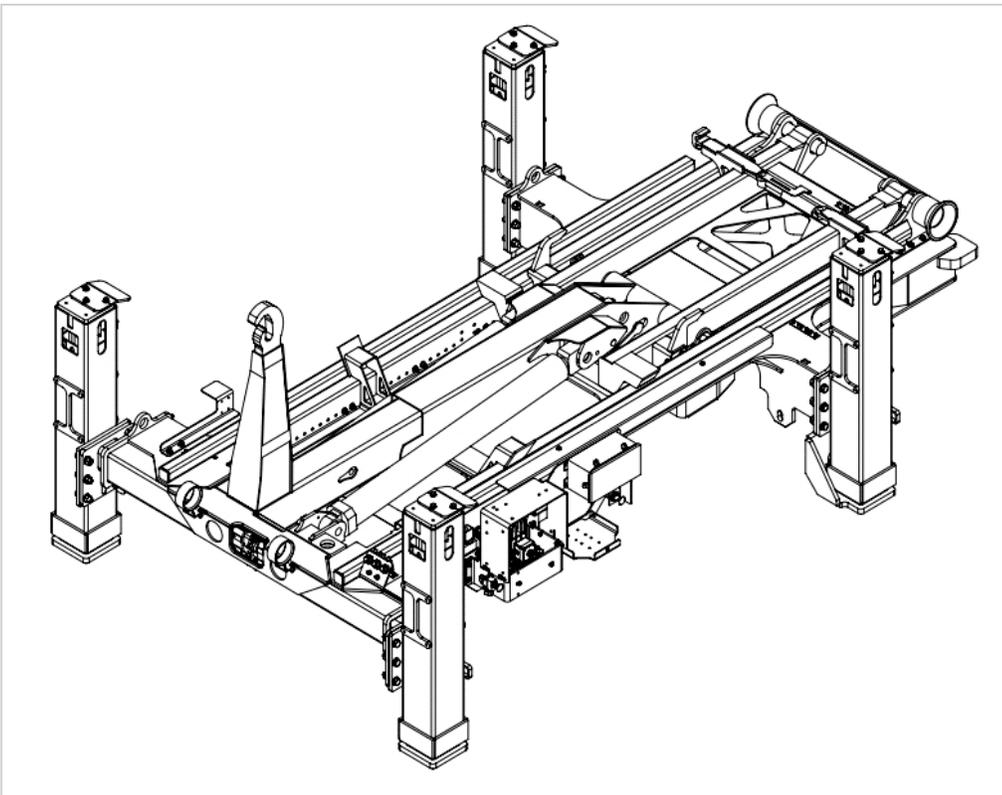
- Ansul® fire suppression system, 13.6 kg (30 lbs) – four nozzle
- Ansul® Checkfire™ detection system
- Wiggins nozzles for dispensing fluids
- Extended tank height to 2.16 m (85") for 2,500, 1,000, 1,000 L (650, 250, 250 US gal) capacity



Lift Hook/Bin (RORO) Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems, and fire suppression
- Utilizes Hiab MULTILIFT XR7L hydraulic hook-lift hoist
- Up to 5,000 kg (11,000 lbs) load capacity
- 50 Degrees of dumping angle requiring 3.5 m (11.5 ft) drift height
- Dumping controls located in the driver's compartment
- Offered container options include a heavy duty four-sided bin and a flat deck bin. Both at a relatively low cost due to containers not requiring hydraulics or electrical components



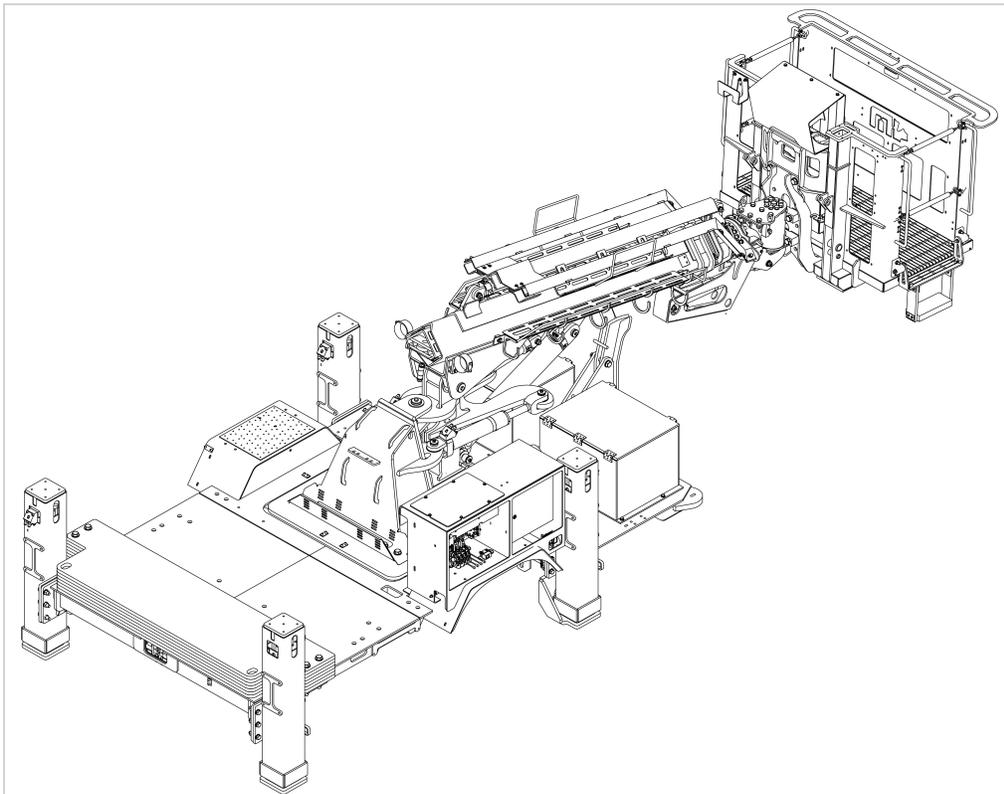
Man Basket Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems, and fire suppression
- Emulsion charging system ready
- 2 stage compact boom
- Face coverage 7.3 m x 6.4 m (24' x 21')
- Two-person basket 0.76 m x 1.52 m (30" x 60")
- Basket payload 450 kg (1,000 lbs)
- Basket pivot with +/- 45 degrees swing
- Hydraulic cylinders with load holding valves
- Emergency power down from basket
- Deck options for third party loading systems

Optional Features

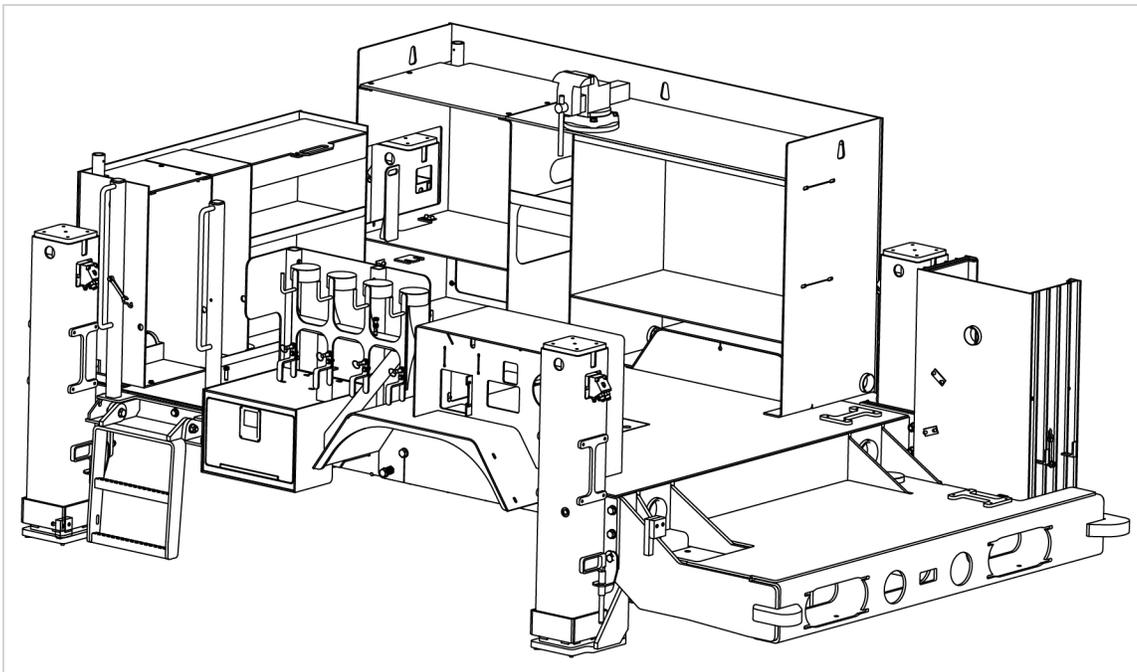
- Retractable basket canopy



Mechanics Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems, and fire suppression
- Hiab 026T-2 crane rated at 18,800 ft-lbs (2.6 t.m)
- Hydraulic driven welder-generator with jump start and battery charger
- 35 cfm (1m3) hydraulic driven air compressor
- 50 ft x ½" air hose with spring retract reel
- Storage for dual oxy/acetylene cylinders with mounting/securing
- 50 ft x ½" twin reel for oxy/acetylene
- Mechanics toolbox with lockable heavy-duty drawers
- 6" heavy duty vise with swivel base



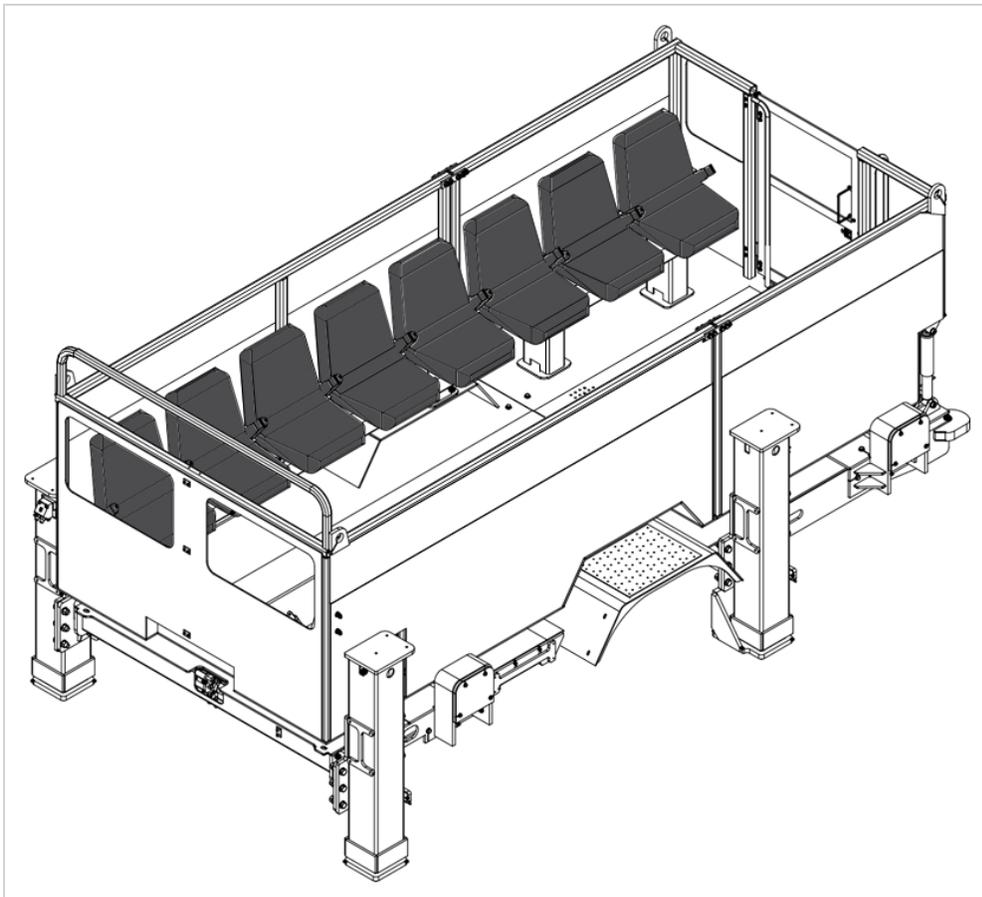
Personnel Carrier Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- Compartment seating for 16 passengers (two rows of eight individual seats)
- Suspension seats with seat belts
- Compartment mounted on vibration isolators
- Deck floor height at 1.12 m (44")
- Entrance/exit through rear of deck
- Anti-skid plating on deck floor

Optional Features

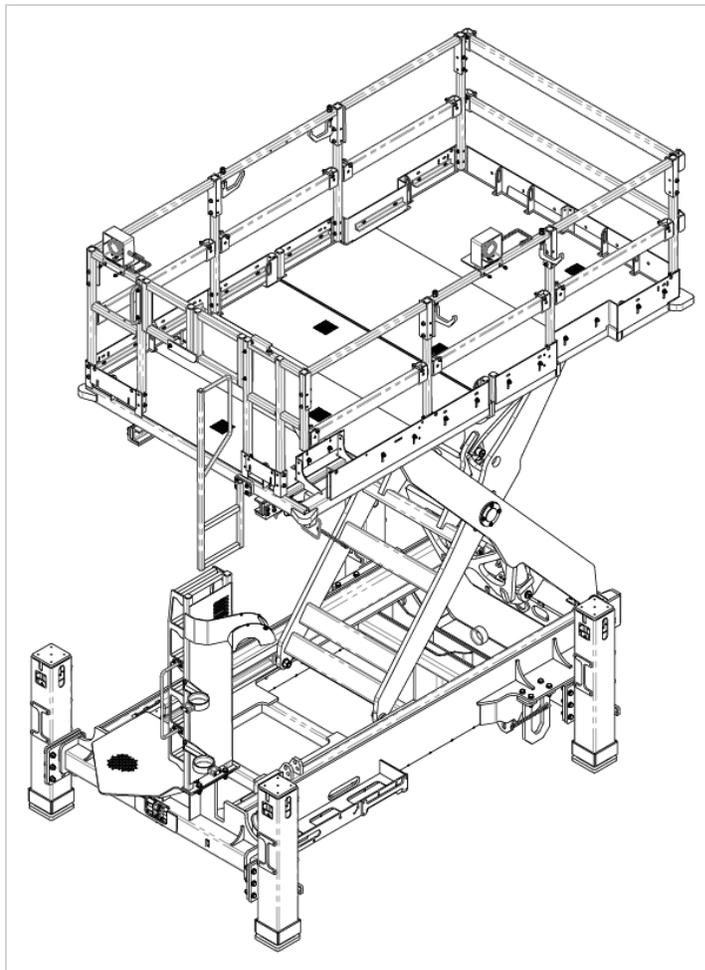
- ROPS & FOPS canopy over passenger compartment
- Enclosed cabin with heating system



Scissor Lift Cassette

Standard Features

- Deck 2.13 m x 3.66 m (7 ft x 12 ft)
- 1,800 kg (4,000 lbs) load limit, evenly distributed
- Deck height retracted 1.52 m (60")
- Deck height extended 3.76 m (148")
- Solid handrails 1.07 m (42")
- Lanyard ties offs on deck for fall arrest anchors
- Deck controls for scissor up/down and jack controls
- Engine start/stop at deck controls
- E-stop and fire suppression at deck controls
- 2 Piece ladder system for emergency use
- Max slope allowed for deck functions to operate 5 degrees in all directions
- Designed, built and tested to CSA B354.2-01 standard



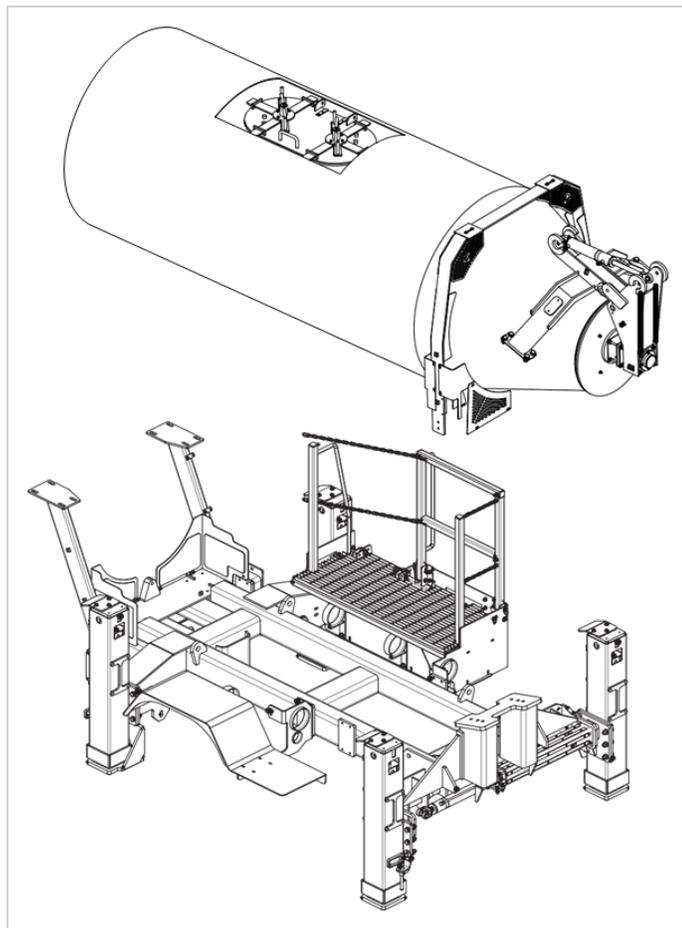
Transmixer Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- Horizontal transport drum rated 3.6 m³ (4.7 cubic yards)
- Drum with large charge port and hydraulic actuated discharge door
- Drum controls located at the rear of the cassette
- Catwalk with pivoting handrail
- Overall height 2.44 m (96")

Optional Features

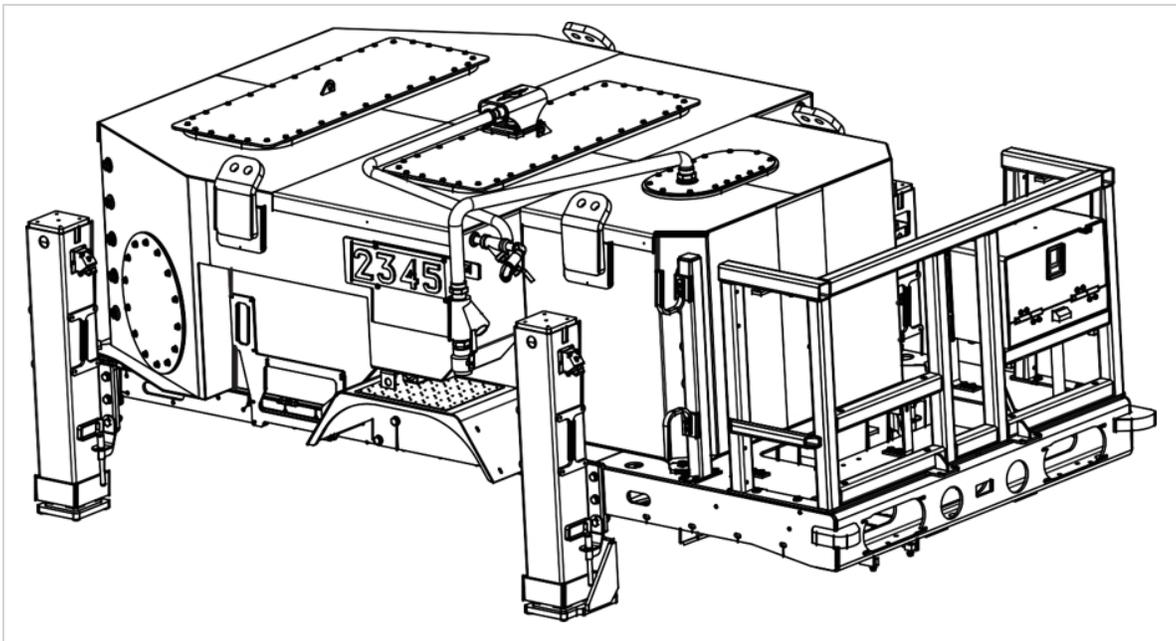
- Form oil spray system
- Accelerator transfer system
- Air driven powerpack for back up emergency hydraulic power
- Drum upgrade 4.5 m³ (5.9 cubic yards)



Water Sprayer Cassette

Standard Features

- Four 0.76 m (30") jacks with vertical stroke
- Front outriggers with 0.48 m (18") outward travel
- Hydraulic control valve for jacks
- Quick disconnects for hydraulic and electrical systems and fire suppression
- 6,000 L (1,600 US gal) steel fabricated tank with baffles
- Hydraulic driven centrifugal pump
- Tank height at 2.16 m (85")
- Three spray bars with nozzles to spray floor and both sides
- Individual on/off control for each spray bar





Corporate Offices
300 Raglan Street
Collingwood, Ontario
Canada L9V 3Z1



SL3 Scissor Lift Specifications Sheet

Presenting the SL3 Scissor Lift

Designed to provide a safe work platform for installation of services in tunnel headings up to six meters (20 feet) high, the SL3 Scissor Lift is fully equipped as standard for the multi-tasking required in today's underground trackless mining environment. The SL3 is available with an industry-first 8,000 lb deck capacity and attachment system.

Technical data

- Up to 3,630 kg (8,000 lb) payload
- Raised deck height 3.66 m (144")
- Deck size 2.44 x 3.66 m (8' x 12'), with optional extension
- Optional hydraulic deck shifting forward or sideways
- Compatibility with Mine-Mate™ attachments

Specifications

This vehicle uses the included specifications in its design. Contact MacLean Engineering for vehicle specification details relating to optional features and shipping requirements.

Engine

- Mercedes-Benz 904 Engine (Tier 3)
 - Power Rating @ 110 kW (147 hp)
 - Four cylinder, four stroke (electronically controlled)
 - Turbo charged (air to air charge cooled)
 - Mesabi radiator and cooling package

Transmission

- Dana T14 Transmission
- Three gear speed Forward direction and Reverse direction
- Electric shift control

Axles

- Dana 113/113 Axles
- Oscillation on power-end axle +/-10°
- 15,000 kg (33,000 lbs.) maximum weight
- Hydraulic applied internal wet disk brakes
- Internal SAHR Emergency and Park brakes
- Limited slip differential
- Outboard planetary gears

Brake System

The vehicle features a reliable and rugged braking system standard on all MacLean Engineering rigs:

- Independent front/rear hydraulically operated service brakes
- Spring-applied, hydraulically released Emergency/Park brakes
- Automatic Brake Application (ABA) with manual reset

Electrical System (24 VDC)

- Master Disconnect switch with lockout feature
- Alternator/Charger for 24 VDC, 100 A
- Four reverse headlights
- Six headlights
- Stainless steel electrical enclosures
- Strobe light
- Circuit breakers with circuit reset
- Back-up alarm

Hydraulic System

- Closed center hydraulic circuit
- Proportional hydraulic control valves
- Piston pump @ 110 L/min (30 USG/min)
- Pressure @ 205 bar (3000 psi)
- Return filter @ 10 micron

Driver & Passenger Compartments

- Certified ROPS/FOPS open canopy
- Side-entry clear of articulation joint
- Driver's position - center seat facing outward
- Passenger position - side seat facing forward
- Deluxe suspension seats with driver and passenger seat belts
- Stick steering controls
- Anti-slip dimple plate on all step surfaces

Frame

- Heavy-duty plate construction with modular tear-down capability
- Dual-steering cylinders
- Grouped grease fittings for articulation joint, steering pins, and oscillating axle
- Heavy-duty front bumper with towing capability
- Articulation lock bar
- Wheel chock holders

Exhaust System

- HTI coating on manifold and turbo
- Insulation blankets on exposed components
- Emissions test ports

Tires

- Tire size 12.00 x 20 air
- Lugged tread design with 20-ply pneumatic tires

Scissor Lift

Heavy-duty Hydraulic Scissor Lift

- Solid plate steel construction
- Dual lift cylinders with load holding valves
- 2.24 m (88") vertical travel
- Safety lock bar for raised maintenance work
- Controls on deck and driver's compartment
- Remote engine start/stop from deck

Scissor Deck

- Deck size 2.44 m x 3.66 m (8' x 12')
- Deck capacity 3,630 kg (8,000 lbs)
- Two piece fixed access ladder
- Handrail system 1.06 m (42")
- Three point contact from deck to ground level

Jacks

- Stabilizing jacks (4) 0.41 m (16")

Optional Equipment

- Mercedes 906 Tier 3 engine with exhaust brake and converter lock-up
- Volvo TAD570/2 Tier 4F engine with converter lock-up
- Dana 114 rear axle
- Engine end hydro-pneumatic suspension with adjustable ride control
- Enclosed cabin with heat and AC
- Fire suppression, check-fire auto detection and handheld extinguisher
- Automatic lubrication
- Remote creeper drive system
- Extended length jacks
- Brake inter-locking for stabilizers/jacks
- Forward or side shifting deck movements
- Wood decking
- Folding or removable handrails
- Air and water heater
- Extended length deck
- Tires, solid or foam filled or aircraft retreads
- Tool box
- Emergency steering system
- On-board hydraulic driven compressor
- Backup camera(s)
- Vehicle monitoring and telemetry system

Volumes and Capacities

- Hydraulic tank @ 95 L (25 USG)
- Diesel tank @ 150 L (40 USG)

Speed Ranges

- Empty on 0% Grade
 - 1st gear @ 3.9 km/h (2.4 mph)
 - 2nd gear @ 8.2 km/h (5.1 mph)
 - 3rd gear @ 14.3 km/h (8.9 mph)
- Empty on 15% Grade
 - Mercedes 904 engine @ 8 km/h (5 mph)
 - Mercedes 906 engine @ 12 km/h (7 mph)

Documentation

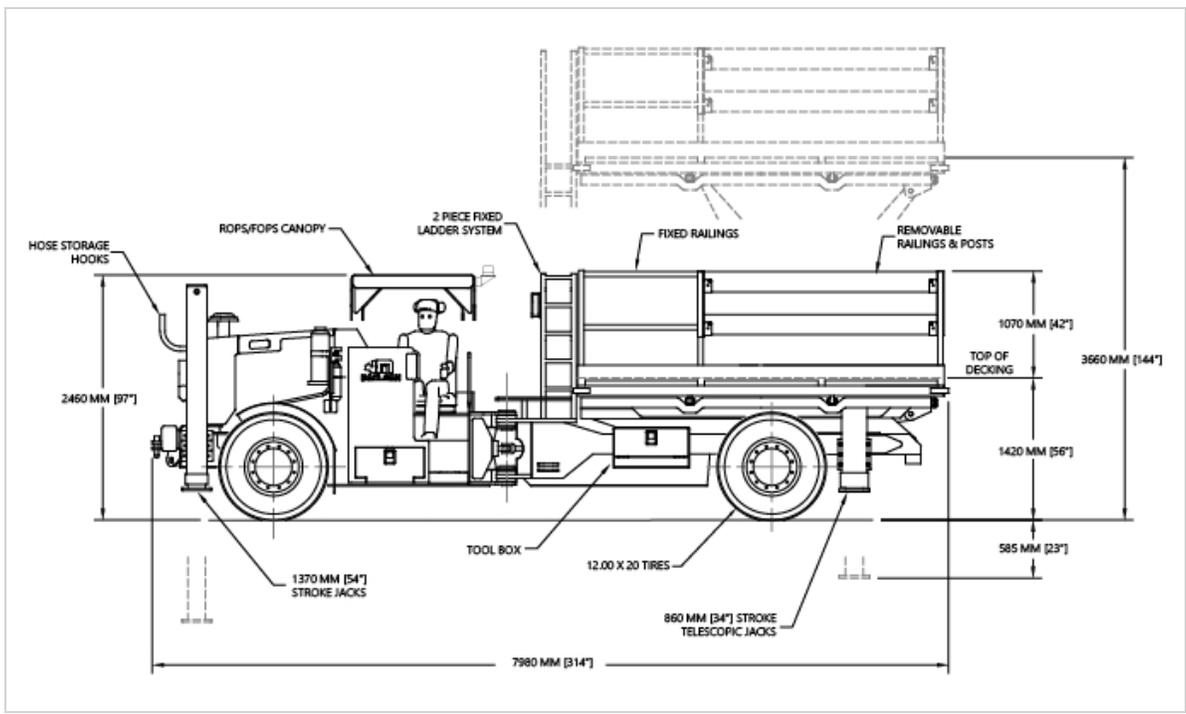
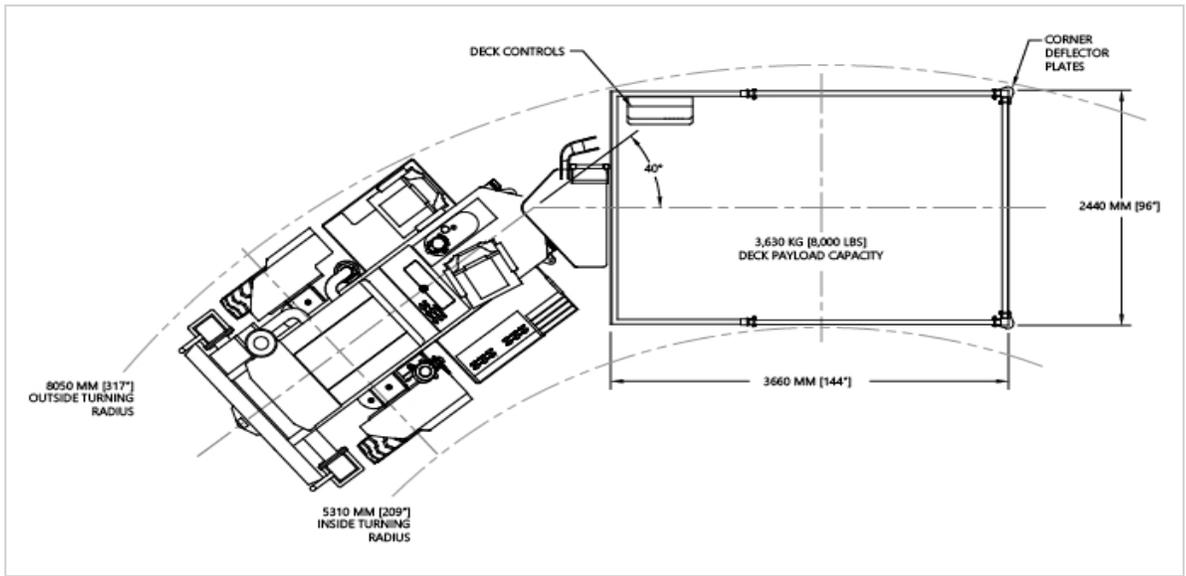
- Operator, parts, and maintenance manuals provided with vehicle
- Documoto interactive electronic parts manual
- D-size printed and laminated schematics, ladder, and wiring diagrams
- French and Spanish parts and operator manuals available

Weights and Dimensions

Vehicle weights and dimensions may vary based on the final selection of vehicle options. Contact MacLean Engineering for more information relating to vehicle weights and shipping costs.

Empty	17,200 kg (38,000 lbs)
Width	2.44 m (96")
Length	7.98 m (314")
Tramming Height	2.49 m (98")
Steering Angle	+/- 40°
Inside Turning Radius	5.31 m (209")
Outside Turning Radius	8.05 m (317")

Turning Radius Specifications



MacLean Engineering reserves the right to modify or remove specification sheet details at any time without notice.

Attachments

The SL3-Scissor Lifts have the compatibility for the following attachment system.

- Fan Handler (manipulator)
- Fan Cradle
- Pipe Handler (manipulator)
- Cable Reeler (powered)
- Cable Spool Cradle
- Cable Pusher (manipulator)
- Raise Deck/Platform



Corporate Offices
300 Raglan Street
Collingwood, Ontario
Canada L9V 3Z1

TAD570-572VE

5.13 liter, in-line 4 cylinder - 105, 129 & 160 kW
EU Stage IV / US EPA Tier 4 Final



TAD570-572VE is a powerful, reliable and economical off-road Diesel Engine range built on the Volvo Group in-line four concept.

Low cost of ownership

World class fuel efficiency combined with a reliable exhaust after-treatment system gives high uptime as well as low cost of ownership. No downtime for regeneration or decreased service intervals.

Compact & simple installation

SCR technology selected by Volvo does not increase amount of cooling capacity needed. As optional equipment all material needed in order to install the engine can be ordered from Volvo Penta. Installation guidelines as well as drawings and CAD models are easy to access. The result is an engine and aftertreatment system that is easy to install.

Durability & low noise

Long experience with SCR systems in combination with base engine development reduces risk of downtime. Well-balanced to produce smooth operation with low noise.

Power & torque

Maximum power and torque available at low rpm. As a result noise as well as fuel consumption is very low. Useful engine speed for the TAD570-572VE is due to power and torque layout very flexible.

Low exhaust emission

Efficient injection as well as robust engine design in combination with optimised SCR technology and a cooled EGR contributes to excellent combustion and low fuel consumption.

Easy service & maintenance

Easily accessible service and maintenance points contribute to the ease of service of the engine. As optional equipment possible to remote mount filters and service points. Up to 1000 hour oil change interval.

- Proven and straight-forward design - built on Volvo Group technology
- Low cost of ownership and operation
- High power and torque already at low engine speed
- SCR and cooled EGR only - no DPF, DOC or regeneration
- Compact, simple installation and easy to service
- Similar engine footprint for all emission standards
- Wide range of optional equipment

	TAD570VE	TAD571VE	TAD572VE
Power output, kW/hp	105/143	129/175	160/218
at speed, rpm	2300	2300	2300
Max. torque, Nm/lb/ft	710/524	810/597	910/671
at speed, rpm	1200	1200	1450

TAD570-572VE

5.13 liter, in-line 4 cylinder - 105, 129 & 160 kW
EU Stage IV / US EPA Tier 4 Final

Technical data

Configuration and no. of cylinders	in-line 4
Displacement, l (in ³)	5.13 (313)
Method of operation	4-stroke
Direction of rotation (viewed towards flywheel).....	anti-clockwise
Bore, mm (in.)	110 (4.33)
Stroke, mm (in.)	135 (5.31)
Compression ratio	17.5:1
Dry weight, engine only, kg (lb).....	556 (1226)

Technical description

Engine and block

- Cast iron cylinder block
- Replaceable cylinder liners
- Replaceable valve guides and valve seats
- Overhead camshaft and four valves per cylinder

Lubrication system

- Full flow cartridge insert filter
- Gear type lubricating oil pump, gear driven

Fuel system

- Common rail
- Gear driven fuel feed pump
- Fuel prefilter with water separator and water-in-fuel indicator / alarm
- Fine fuel filter of cartridge, insert type
- Manual feed pump on pre filter

Cooling system

- Belt driven coolant pump with high degree of efficiency

Turbo charger

- Variable Geometry Turbo (VGT)

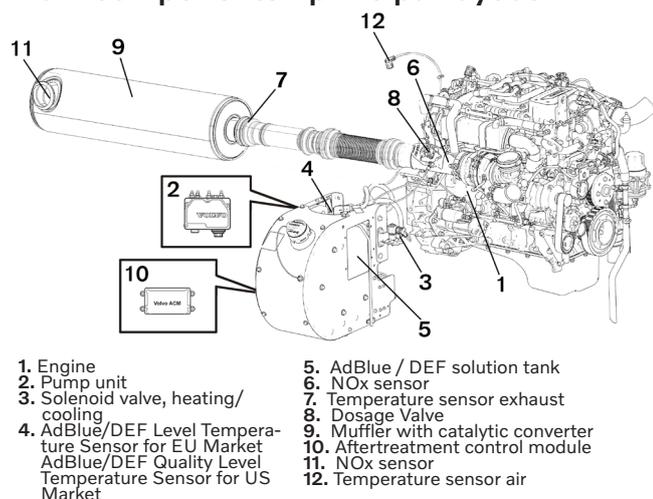
Electrical system

- Engine Management System (EMS) 2.3, an electronically controlled processing system which optimizes engine performance. It also includes advanced features for diagnostics and fault tracing.
- The instruments and controls connect to the engine via the CAN SAE J1939 interface. Options available for engine control equipment.

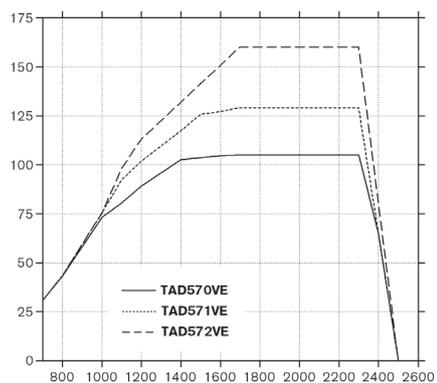
Exhaust aftertreatment system

- SCR and cooled EGR only
- Airless urea injection
- Wide range of options available, including different sized AdBlue® / DEF tanks (also possible for OEM to design own tank)
- AdBlue/DEF Quality Level Temperature Sensor for US Market

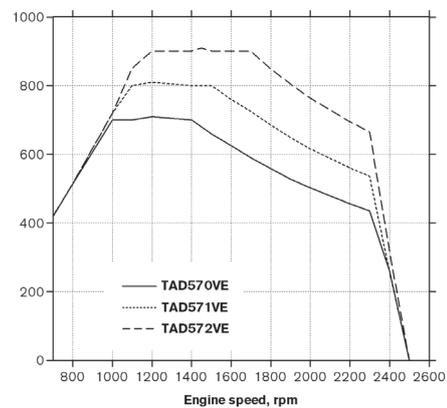
Main components - principal layout



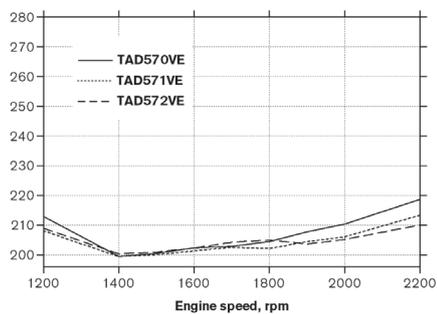
Power, kW



Torque, Nm

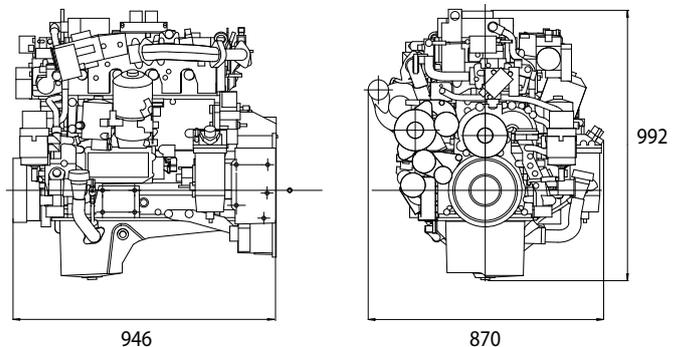


Fuel consumption, g/kWh



Dimensions

Not for installation. Dimensions in mm.



Power standards

The engine performance corresponds to ISO 3046, BS 5514 and DIN 6271. The technical data applies to an engine without cooling fan and operating on a fuel with calorific value of 42.7 MJ/kg (18360 BTU/lb) and a density of 0.84 kg/liter (7.01 lb/US gal, 8.42 lb/Imp gal), also where this involves a deviation from the standards.

Please note that products illustrated may differ from production models.

Not all models and accessories are available in all markets, and standard equipment may vary between different markets. Every effort has been made to ensure that facts and figures are correct at the time of publication. However, Volvo Penta reserves the right to make changes without prior notice at any time.

Additional information

For additional information, please contact your Volvo Penta representative or visit www.volvopenta.com.

AB Volvo Penta

SE-405 08 Göteborg, Sweden
www.volvopenta.com

ANNEXE

QC3-5

PROGRAMME DE CARACTÉRISATION
DES EAUX DE SURFACE DANS LE
SECTEUR DES IGRM



MÉ MORANDUM

**Programme de caractérisation des eaux de surface dans
le secteur des IGRM - 2022**

Projet Horne 5 - Rouyn-Noranda - Québec

Soumettre à:

Ressources Falco Ltée

Hélène Cartier, VP Environnement et Développement Durable
1100, avenue des Canadiens de Montréal, bureau 300,
Montréal (Québec)
H3B 2S2

Proposé par:

WSP Golder

7250, rue du Mile End, 3e étage, Montréal (Québec) H2R 3A4, Canada

+1 514 383 0990

GAL302-2148284007-22001-Rev0 - Programme caractérisation eaux surface

21 juin 2022

Liste de distribution

1 copie électronique : Ressources Falco Ltée

1 copie électronique : Golder Associés Ltée

Table des matières

1.0	MISE EN CONTEXTE	1
2.0	PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE	1
2.1	Secteurs visés par l'inventaire	1
2.2	Stations d'échantillonnage	1
2.3	Contrôle de la qualité	1
2.4	Protocoles d'échantillonnage	2
2.4.1	Métaux extractibles totaux (MET)	2
2.4.2	Métaux dissous (DISS)	3
2.4.3	Fin de l'inventaire	4
3.0	FRÉQUENCE DE L'ÉCHANTILLONNAGE	4

TABLEAUX

Tableau 1: Stations d'échantillonnage proposées, coordonnées géographiques approximatives et protocole à suivre	2
Tableau 2: Paramètres à analyser, limites de détection et conditions d'analyse	6

CARTE

Carte 1 : Stations d'échantillonnage de l'eau de surface dans le secteur des IGRM (2022)	5
------------------------------------------------------------------------------------------------	---

ANNEXE

Cette version du protocole sera annexée au document final suivant la révision à faire lors de l'analyse des résultats de la première campagne d'échantillonnage.

1.0 MISE EN CONTEXTE

Ce mémorandum technique présente le programme d'échantillonnage de l'eau requis aux infrastructures de gestion des résidus miniers (IGRM) de Ressources Falco Ltée (Falco) durant l'année 2022. Ces travaux visent à :

- mieux détailler la qualité des eaux de surface à l'extérieur des IGRM dans les secteurs où le ruissellement des eaux vers les IGRM est susceptible d'affecter la gestion des eaux en phases d'opération et de fermeture;
- localiser les secteurs et sources de contamination des eaux de surface autour des IGRM (sources ponctuelles ou diffuses, en surface ou via des résurgences d'eau souterraine, etc.);
- fournir des données de qualité du milieu récepteur pouvant être utilisées au besoin pour le calcul d'objectifs environnementaux de rejet (OER);
- déterminer la qualité des sources d'eau actuellement non intégrées au bilan d'eau (secteur du parc à résidus #1 de Norbec et secteur des bassins Duprat).

Ultimement, les données récoltées permettront de bonifier les stratégies de gestion de l'eau en phases d'opération et de fermeture, ainsi que d'affiner le modèle prédictif de la qualité des eaux.

2.0 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

2.1 Secteurs visés par l'inventaire

Les secteurs visés par le plan d'échantillonnage sont localisés dans le secteur des IGRM, plus spécifiquement :

- au sud-ouest – dans les secteurs des étangs de castors et leurs tributaires amont ainsi que dans le secteur de l'ancienne mine Vauze en bordure du lac Waite, lesquels draineront respectivement vers le bassin de polissage, la dérivation sud-ouest et les IGRM projetés;
- au nord-ouest – dans les secteurs qui se draineront vers le bassin interne et la dérivation nord-ouest projetés;
- au sud-est – dans le secteur du parc à résidus #1 de Norbec, qui se drainera vers la dérivation sud-est projetée;
- dans les bassins Duprat est et ouest desquels les eaux pourraient devoir être pompées vers les IGRM projetés.

2.2 Stations d'échantillonnage

Au total, 14 stations d'échantillonnage seront visitées. Les coordonnées géographiques approximatives et les protocoles applicables à chacune des stations sont présentés au Tableau 1.

La localisation des stations dans le secteur des IGRM est présentée à la carte 1.

2.3 Contrôle de la qualité

Aux fins de contrôle de la qualité, une station d'échantillonnage sera échantillonnée en duplicata pour les métaux extractibles totaux, et une autre station pour les paramètres complémentaires métaux dissous.

De plus, un blanc de terrain sera manipulé et analysé pour chaque journée d'échantillonnage.

Tableau 1: Stations d'échantillonnage proposées, coordonnées géographiques approximatives et protocole à suivre

Station d'échantillonnage	Secteur	Coordonnées géographiques approx. (NAD83; dd,dddddd)		Protocole à suivre ^a	
		Latitude	Longitude	MET	DISS
PE1	Sud-ouest	48.359982°	-79.083052°	x	x
PE2	Sud-ouest	48.359841°	-79.078995°	x	x
PE3A	Sud-ouest	48.355646°	-79.082660°	x	x
PE4	Sud-ouest	48.356997°	-79.072565°	x	x
PE5	Nord-ouest	48.362151°	-79.081009°	x	x
PE6	Sud-ouest	48.355807°	-79.075211°	x	x
PE7	Sud-ouest	48.354210°	-79.074384°	x	x
PE8	Sud-ouest	48.354239°	-79.068818°	x	x
PE9	Sud-ouest	48.351976°	-79.069070°	x	x
PE10	Sud-est	48.354531°	-79.057472°	x	x
PE11	Sud-est	48.351320°	-79.053577°	x	x
PE12	Bassin	48.346911°	-79.051726°	x	x
PE13	Bassin	48.347338°	-79.047813°	x	x
PE14	Nord-ouest	48.367467	-79.075574°	x	x

a Les protocoles à suivre font référence au détail de la section 2.4.
 MET : Métaux extractibles totaux (sans filtration); DISS : métaux dissous (avec filtration)

2.4 Protocoles d'échantillonnage

Avant de quitter vers l'inventaire, valider l'heure du GPS et activer l'enregistrement de la trace en continu. Ajuster l'heure de l'appareil photo à celle du GPS. Si un téléphone cellulaire est utilisé, vérifier que le téléphone et le GPS indiquent la même heure (à la seconde près).

2.4.1 Métaux extractibles totaux (MET)

Le prélèvement d'eau **doit respecter** les protocoles standards du *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel* (MDDELCC, 2017)¹, notamment :

- méthodes d'échantillonnage (p. 4), voir aussi le *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces* (MDDELCC, 2014)² pour le détail de la méthode « *mains propres/mains sales* »;

¹ https://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/oer/Guide_physico-chimique.pdf

² <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/metaux/protocole-echantillonnage-analyse-metaux-traces.pdf>

- paramètres à analyser et limites de détection (voir le Tableau 2 ci-dessous, inspiré du tableau 2 aux p. 4 et 5 du document de référence).

À chacune des stations où un prélèvement d'eau est requis (14 stations) :

- À l'aide des contenants fournis par le laboratoire, et en respectant les méthodes d'échantillonnages décrites à la **section 2** du *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces* (MDDELCC, 2014)², procéder au prélèvement de l'eau et remplir les contenants fournis en respectant les volumes demandés et en évitant de renverser les fixatifs.

***L'eau ne doit pas être filtrée.**

- Répéter les manipulations pour le duplicata, si requis.
- Conserver les bouteilles au frais (glacière avec cellules réfrigérantes) et envoyer au laboratoire pour analyse à l'intérieur des délais de préservation (à valider avec le laboratoire d'analyse selon la liste de paramètre, typiquement 24 h).

2.4.2 Métaux dissous (DISS)

En complément des prélèvements réalisés pour l'analyse des métaux extractibles totaux, des prélèvements supplémentaires seront réalisés pour l'analyse des métaux dissous requis dans le modèle Goldsim.

Le prélèvement d'eau **doit respecter** les protocoles standards du *Guide de caractérisation physicochimique de l'état initial du milieu aquatique avant l'implantation d'un projet industriel* (MDDELCC, 2017)³, notamment :

- Les méthodes d'échantillonnage (p. 4), voir aussi le *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces* (MDDELCC, 2014)⁴ pour le détail de la méthode « *mains propres/mains sales* »;
- Les paramètres à analyser (voir le Tableau 2 ci-dessous, inspiré du tableau 2 aux p. 4 et 5 du document de référence).

À chacune des stations où un prélèvement d'eau est requis (14 stations) :

- À l'aide des contenants fournis par le laboratoire, et en respectant les méthodes d'échantillonnages décrites à la **section 3** du *Protocole d'échantillonnage de l'eau de surface pour l'analyse des métaux en traces* (MDDELCC, 2014)², procéder au prélèvement de l'eau et remplir les contenants fournis en respectant les volumes demandés et en évitant de renverser les fixatifs.

***L'eau doit être filtrée.**

- Répéter les manipulations pour le duplicata, si requis.
- Conserver les bouteilles au frais (glacière avec cellules réfrigérantes) et envoyer au laboratoire pour analyse à l'intérieur des délais de préservation (à valider avec le laboratoire d'analyse selon la liste de paramètre, typiquement 24 h).

³ https://www.environnement.gouv.qc.ca/Eau/oer/Guide_physico-chimique.pdf

⁴ <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/metaux/protocole-echantillonnage-analyse-metaux-traces.pdf>

- Noter au cahier de terrain – station, date, heure, coordonnées géographiques (enregistrer un *waypoint*), conditions météo et profondeur.
- Prendre des photos des 4 vues à partir de la station d'échantillonnage (devant, vers la droite, derrière, vers la gauche).
- À l'aide d'un appareil multisonde calibré, noter les paramètres in situ de la qualité de l'eau pour la surface, le fond et chaque intervalle de 1 m si possible : température, O₂ dissous (% et mg/L), pH et conductivité spécifique.

2.4.3 Fin de l'inventaire

Compléter les chaînes de traçabilité et expédier les échantillons au laboratoire d'analyse le jour même.

Demander les résultats d'analyse au plus tard deux semaines suivant la réception des échantillons.

Enregistrer la trace, les *waypoints* et les photos prises au dossier de projet. Enregistrer des photos du cahier de terrain au dossier de projet.

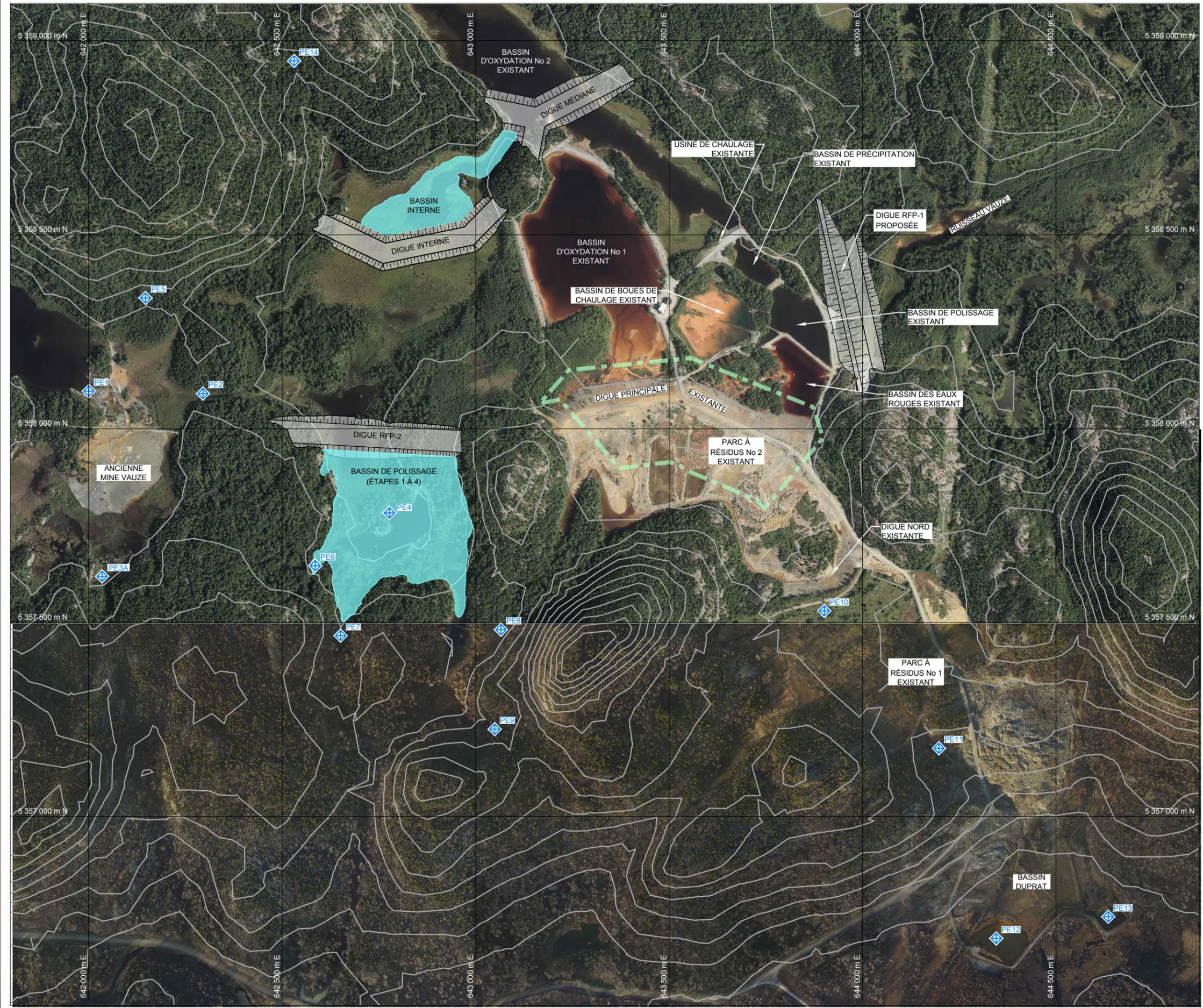
3.0 FRÉQUENCE DE L'ÉCHANTILLONNAGE

La fréquence d'échantillonnage et les stations à échantillonner à nouveau seront confirmées à la suite de la réception des résultats.

Certaines stations feront l'objet de six échantillonnages sur une base mensuelle en 2022.

Carte 1 : Stations d'échantillonnage de l'eau de surface dans le secteur des IGRM (2022)

Chemin: \\sp-gp\gis\projets\ComplexData\OS\B\OS\FALCO\PRODUCTION\2148284003\202021\Nom du fichier: 2148284003_202021.dwg | Dernière édition par: V. Laroche, Date: 2022-06-08, Heures: 17:49 AM



LÉGENDE

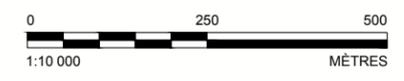
- ÉCHANTILLONNAGE DES EAUX DE SURFACES
- EMPILEMENT DE STÉRILES

NOTE(S)

- GRID : NAD-83 UTM ZONE 17.
- FIGURE ADAPTÉE À PARTIR DE « LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES ET PROJÉTÉES À L'ÉTAPE », GAL160-19125999-REVB.
- LA CONFIGURATION PROJÉTÉE DES DIGUES, DE L'EMPILEMENT DE STÉRILES ET DES BASSINS À LA FIN DE L'ÉTAPE 1 DE DÉPOSITION EST ILLUSTRÉE.

RÉFÉRENCES

PHOTO AÉRIENNES (REÇU DE FALCO, 2016 ET 2017)



CLIENT

PROJET
QUALITÉ DES EAUX DE SURFACES ÉCHANTILLONNÉES EN 2022 SUR LE SITE HORNE 5

TITRE
STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU DE SURFACE DANS LE SECTEUR DES IGRM (2022)

CONSULTANT	AAAA-MM-JJ	2022-06-08
	DESSINÉ	V. Laroche
	PROJÉTÉ	V. Laroche
	RÉVISÉ	A. Goksu
	APPROUVÉ	A. Goksu

SI LA MESURE NE CORRESPOND PAS À L'ÉCHELLE, LA TAILLE DE LA FEUILLE A ÉTÉ MODIFIÉE ANS B

Tableau 2: Paramètres à analyser, limites de détection et conditions d'analyse

Paramètre	LDR	Unité	Inclus dans modèle GoldSim	Inclus dans MDELCC (2017)	Protocole DISS ²	Protocole MET ³
Physicochimie de base et nutriments						
Alcalinité	8	mg/L CaCO ₃		x		x
Carbone org. dissous	0,2	mg/L C		x		x
Conductivité	0,7	µS/cm		x		x
Cyanures totaux	0,005	mg/L				x
Dureté	s. o.	mg/L CaCO ₃		x		x
MES	1	mg/L		x		x
* Oxygène dissous	s. o.	mg/L		x		x
* pH	s. o.	unité pH		x		x
Phénols						
Solides dissous totaux	9	mg/L		x		x
* Température	s. o.	°C		x		x
Turbidité	0,1	UTN		x		x
Azote ammoniacal	0,02	mg/L N		x		x
Azote total	0,02	mg/L N		x		x
Nitrates	0,02	mg/L N			Nitrates+Nitrites	x
Nitrites	0,02	mg/L N			Nitrates+Nitrites	x
Phosphore total ¹	0,0006	mg/L P	x	x	x	x
Coliformes fécaux	2	UFC/100 ml		x		x
Anions et cations						
Bromures	s. o.	mg/L	x			x
Calcium	0,02	mg/L	x	x		x
Chlorures	0,06	mg/L	x	x		
Fluorures	0,03	mg/L	x	x		x
Magnésium	0,02	mg/L	x	x		x
Potassium	0,03	mg/L	x	x		x
Sodium	0,02	mg/L	x	x		x
Sulfates	0,3	mg/L	x	x		x
Métaux en traces						
Aluminium	0,0005	mg/L	x	x	x	x
Antimoine	0,000005	mg/L	x	x	x	x
Argent	0,000003	mg/L	x	x	x	x
Arsenic	0,00009	mg/L	x	x	x	x
Baryum	0,00003	mg/L	x	x	x	x
Béryllium	0,00001	mg/L	x	x	x	x
Bore	0,0003	mg/L	x	x	x	x
Cadmium	0,000006	mg/L	x	x	x	x
Chrome (IV)	0,00004	mg/L	x	x	x	x
Cobalt	0,000008	mg/L	x	x	x	x
Cuivre	0,00007	mg/L	x	x	x	x
Fer	0,0005	mg/L	x	x	x	x
Manganèse	0,00003	mg/L	x	x	x	x
Mercuré	0,0000013	mg/L	x		x	x
Molybdène	0,00001	mg/L	x	x	x	x
Nickel	0,00005	mg/L	x	x	x	x

Tableau 2 : Paramètres à analyser, limites de détection et conditions d'analyse

Paramètre	LDR	Unité	Inclus dans modèle GoldSim	Inclus dans MDEELCC (2017)	Protocole DISS ²	Protocole MET ³
Plomb	0,00003	mg/L	x	x	x	x
Sélénium	0,0003	mg/L	x	x	x	x
Strontium	0,0003	mg/L	x	x	x	x
Uranium	0,000006	mg/L	x	x	x	x
Vanadium	0,0001	mg/L	x	x	x	x
Zinc	0,0007	mg/L	x	x	x	x

Notes :

Les paramètres précédés d'un astérisque « * » peuvent être mesurés à l'aide d'un appareil multisonde lors de l'échantillonnage.

- 1 Analysé comme nutriment et non par ICP.
- 2 Voir la section 2.4.2.
- 3 Voir la section 2.4.1.

Page Signatures

WSP Golder



Carl Martin, M. Sc.
Coordonnateur études d'impact nationales



Yves Boulianne, ing.
Associé principal et directeur de projet

CM/JL/YB/ab

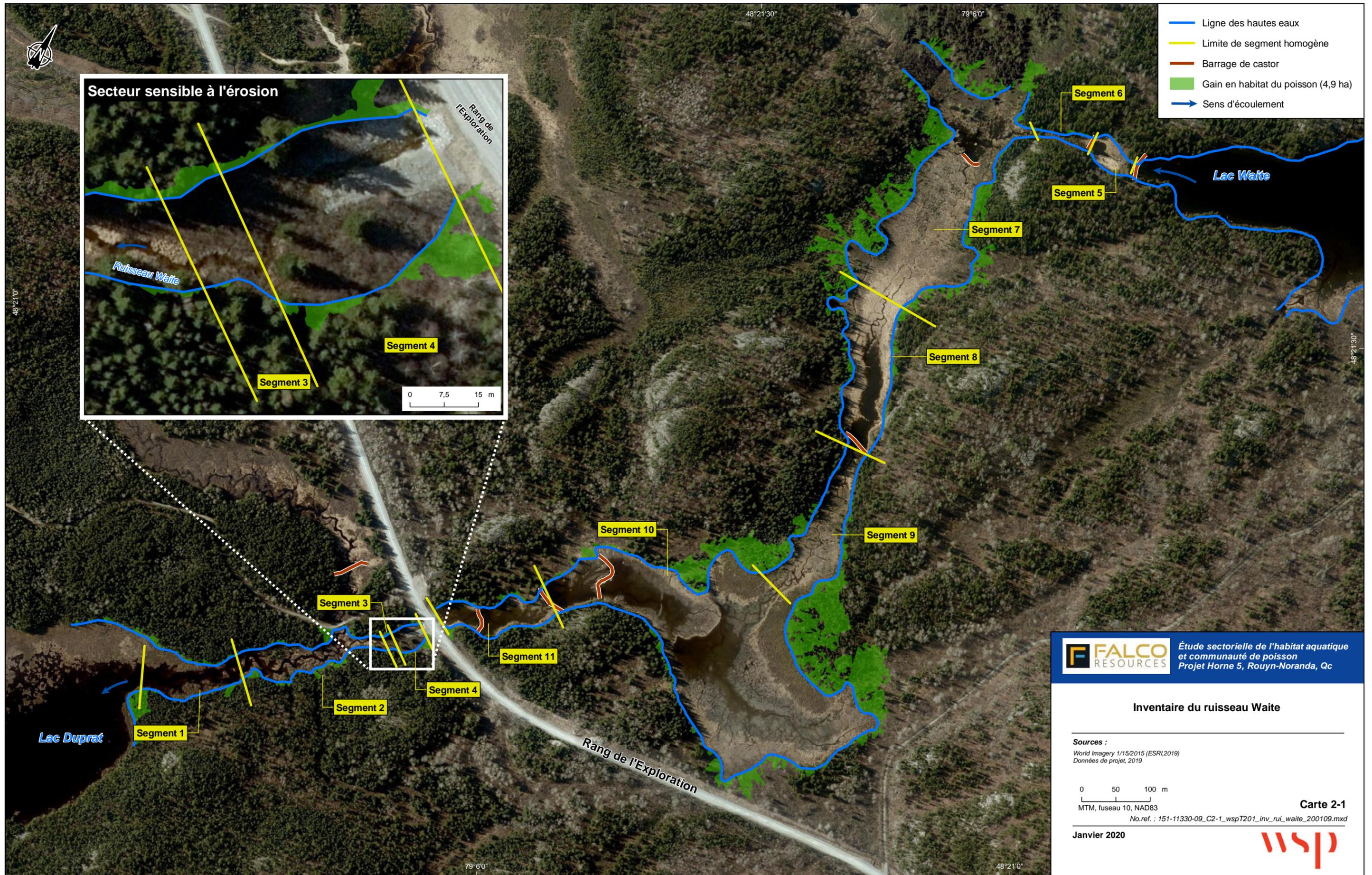
wsp GOLDER

ANNEXE

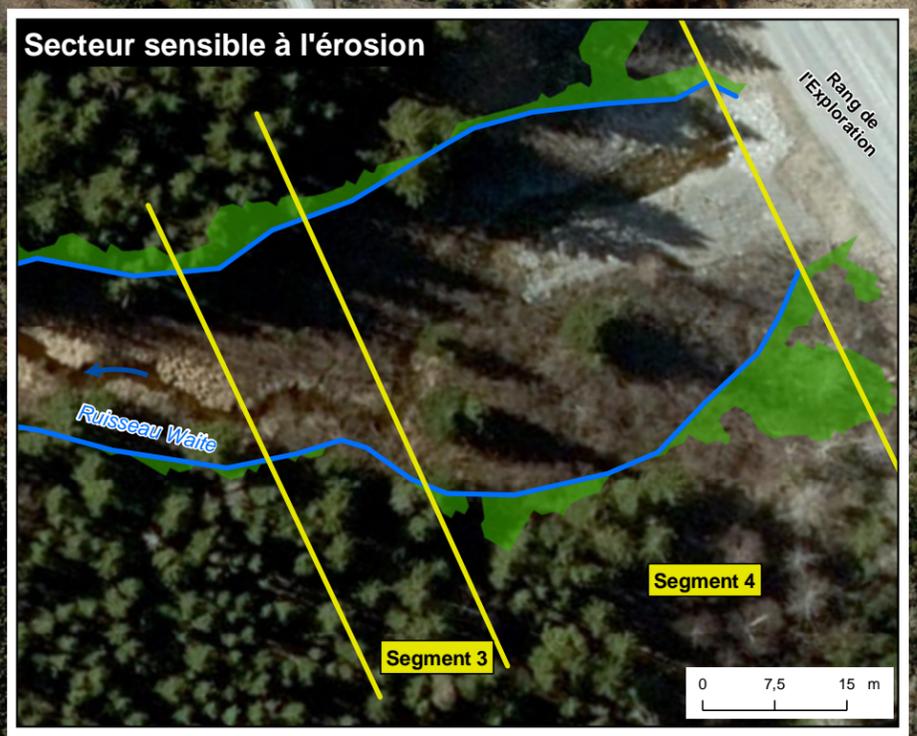
QC3-10

CARTE 2-1 DE L'INVENTAIRE
COMPLÉMENTAIRE DE LA FAUNE
AQUATIQUE (WSP, 2020)





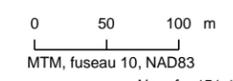
- Ligne des hautes eaux
- Limite de segment homogène
- Barrage de castor
- Gain en habitat du poisson (4,9 ha)
- Sens d'écoulement



FALCO RESOURCES *Étude sectorielle de l'habitat aquatique et communauté de poisson*
 Projet Horne 5, Rouyn-Noranda, Qc

Inventaire du ruisseau Waite

Sources :
 World Imagery 1/15/2015 (ESRI,2019)
 Données de projet, 2019



No.ref. : 151-11330-09_C2-1_wspT201_inv_rui_waite_200109.mxd

Janvier 2020

Carte 2-1



