

RAPPORT D'ENQUÊTE

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur
de l'entreprise Rinox inc.,
survenu le 28 avril 2022 à Terrebonne.**

Version dépersonnalisée

Service de la prévention-inspection – Lanaudière

Inspecteurs :

René Giroux

Martin Rondeau

Date du rapport : 20 octobre 2022

Rapport distribué à :

- Monsieur Horacio Correia, président, Rinox inc.
 - Maître André Cantin, coroner
 - Docteure Lynda Thibeault, directrice de la santé publique du Centre intégré de santé et de services sociaux de Lanaudière
-

TABLE DES MATIÈRES

<u>1</u>	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	<u>3</u>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	4
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	4
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	4
<u>3</u>	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	<u>5</u>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	5
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	5
<u>4</u>	<u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u>	<u>6</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	6
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	6
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	12
4.3.1	LA CORROSION DES PAROIS DE LA TRÉMIE N° 1 COMPROMET L'INTÉGRITÉ DE SES POINTS DE SUPPORT, ENTRAÎNANT LEUR SURCHARGE JUSQU'AU POINT DE RUPTURE, CAUSANT LA CHUTE DE LA TRÉMIE SUR LE TRAVAILLEUR.	12
4.3.2	LES RÉPARATIONS ANTÉRIEURES DE LA TRÉMIE DE GRANULATS N° 1 DISSIMULENT LA CORROSION DE SES PAROIS, CE QUI FAIT QUE L'EMPLOYEUR EN MAINTIENT L'UTILISATION.	12
<u>5</u>	<u>CONCLUSION</u>	<u>13</u>
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	13
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	13
5.3	SUIVI DE L'ENQUÊTE	13
<u>ANNEXES</u>		
ANNEXE A :	Liste des accidentés	14
ANNEXE B :	Liste des personnes interrogées	16
ANNEXE C :	Rapport d'expertise	17

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

Le 28 avril 2022, vers 12 h 20, un travailleur circule dans un corridor de service, sous des trémies de granulats, afin de diagnostiquer un problème affectant la production. Alors qu'il se trouve sous la trémie n° 1, celle-ci se décroche et chute sur le travailleur.

Conséquences

Le travailleur décède et un autre travailleur subit une lésion psychologique.



Figure 1 - Photographie du lieu de l'accident

Source : CNESST

Abrégé des causes

- La corrosion des parois de la trémie n° 1 compromet l'intégrité de ses points de support, entraînant leur surcharge jusqu'au point de rupture, causant la chute de la trémie sur le travailleur.
- Les réparations antérieures de la trémie de granulats n° 1 dissimulent la corrosion de ses parois, ce qui fait que l'employeur en maintient l'utilisation.

Mesures correctives

L'accès au département des bennes et agrégats, comprenant cinq autres trémies similaires, a été interdit en raison de l'incertitude quant à leur solidité le 28 avril 2022 (rapport RAP9120483). Il fut réautorisé le 11 mai après qu'elles furent vidées de leur contenu (rapport RAP1385117). L'utilisation des trémies n° 3 à 6 a pu reprendre le 7 juin après des modifications attestées par un ingénieur (rapport RAP1388215). Plus tard au cours de l'enquête, l'utilisation de la trémie n° 2 a également été autorisée le 11 août, à la suite de travaux attestés par un ingénieur (rapport RAP1394958).

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

SECTION 2

2 ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Structure générale de l'établissement

L'entreprise Rinox inc. a été fondée en 1997. L'usine, située au 3200, boulevard des Entreprises à Terrebonne, se spécialise dans la fabrication de produits de maçonnerie et d'aménagement paysager en béton de type moulé à sec (*dry cast*). Elle fait partie du secteur d'activité économique *Fabrication de produits minéraux non métalliques*. On y emploie environ 60 travailleurs non syndiqués, sur deux quarts de production, de jour et de soir, et sur un quart de nuit pour l'entretien ménager.

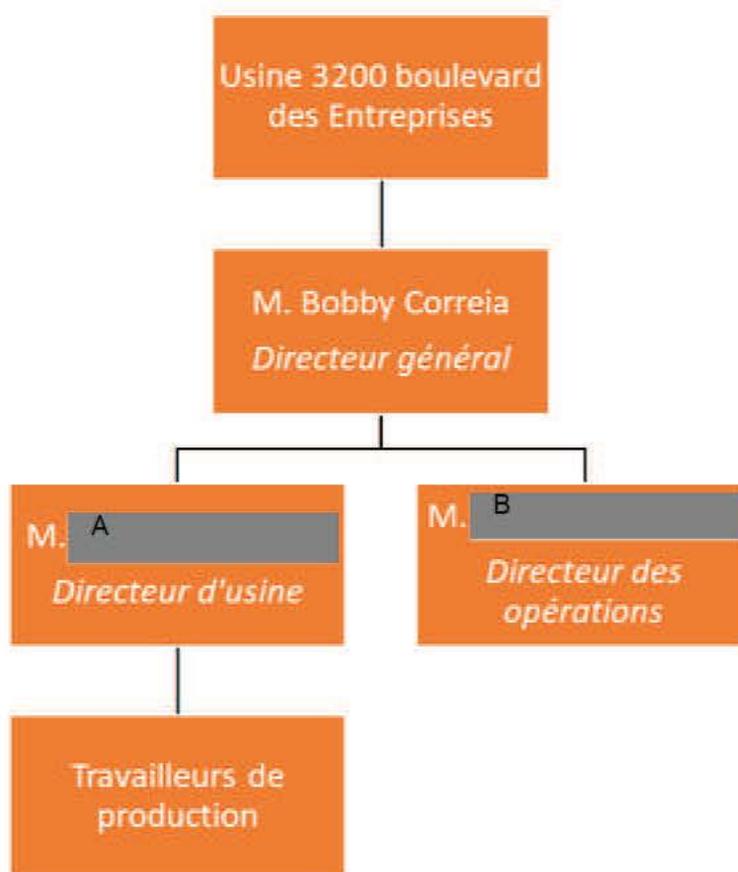


Fig. 2 – Organigramme partiel de l'entreprise Rinox inc.
Source : CNESST

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

Le département des bennes et agrégats, où survient l'accident, est celui où sont entreposés les granulats, qui constituent les matières premières dans la fabrication de produits de béton. On y trouve un ensemble de six trémies de granulats reliées à deux convoyeurs et une balance, qui alimentent un mélangeur avec les granulats. Un corridor de service est aménagé entre les deux convoyeurs pour l'accès aux équipements. Chaque trémie peut contenir environ 130 tonnes métriques de granulats. La trémie n° 1 a été remplie le jour de l'accident. Son contenu est évalué à 120 tonnes métriques. La production est gérée par un automate qui effectue les mélanges de granulats et les achemine à la production.

Le procédé est suivi à partir d'un poste de contrôle, muni d'écrans liés à des caméras de surveillance, et d'un écran affichant l'interface de l'automate de production.

3.2 Description du travail à effectuer

Les opérateurs ont pour principales tâches de surveiller le procédé de fabrication à partir du poste de contrôle. Généralement, un seul opérateur est affecté à cette étape de la production. Le 28 avril 2022, C [REDACTED] est en formation à ce poste. [REDACTED]
[REDACTED]

Une tâche fréquemment effectuée est la vérification des équipements sous les trémies en cas de problème détecté par l'automate de production. Si le problème touche une trémie, un convoyeur ou la balance, l'opérateur y accède par le corridor de service situé sous les trémies.

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

Le 28 avril 2022, deux travailleurs sont affectés au département des bennes et agrégats.

Vers 12 h 15, l'écran de contrôle de l'automate de production affiche un problème avec la balance située sous les trémies de granulats. Le premier travailleur arrête les machines de production. Le second travailleur se rend sous les trémies afin de vérifier les équipements et diagnostiquer le problème de balance.

Une caméra de surveillance a capté l'accident. On y aperçoit le travailleur qui marche sur toute la longueur du corridor de service sous les trémies, jusqu'en dessous de la trémie n° 1. Quelques secondes après son arrivée, celle-ci se décroche et tombe en partie sur le travailleur. La chute de la trémie cause une coupure de l'enregistrement.

Le travailleur demeure coincé sous les décombres.

Les services d'urgences sont appelés. Des ambulanciers constatent l'absence de signes vitaux du travailleur. Ils doivent ensuite évacuer le lieu de l'accident en raison d'un risque pour leur sécurité en lien avec l'état de solidité inconnu des autres trémies.

Les équipes de sauvetage préparent par la suite une opération afin de rendre les lieux sécuritaires pour accéder à la victime.

Le travailleur est extrait des décombres dans la nuit du 29 au 30 avril. Son décès est constaté sur place.

4.2 Constatations et informations recueillies**4.2.1 Travailleur**

Le travailleur victime de l'accident est à l'emploi de l'entreprise Rinox inc. depuis environ [REDACTED]

4.2.2 Entretien des trémies

Les trémies ont été importées d'Italie et installées lors de la construction de l'usine, en 1989. L'entreprise Rinox inc. a fait l'acquisition de l'usine en 1997.

Dans les premières années de production, les trémies étaient remplies par le haut à l'aide de camions-bennes, qui circulaient sur une passerelle métallique. Depuis environ 10 ans, un

convoyeur alimente les trémies. Ce convoyeur est lui-même alimenté à l'aide du godet d'une chargeuse sur roues.

À l'hiver 2021, l'employeur procède au remplacement du revêtement intérieur des trémies de granulats. Ce dernier est en matière plastique de type Téflon et est remplacé aux 4 à 5 ans en raison de son usure par abrasion. Il est installé afin de prévenir l'usure des parois métalliques par l'abrasion et améliorer l'écoulement des granulats. Le retrait du revêtement des trémies n° 1 et 2 a révélé des plaques d'acier en bon état, tandis que la trémie n° 3 montrait des signes de corrosion et d'amincissement des parois. L'acier de celle-ci aurait été trop aminci pour y fixer un nouveau revêtement intérieur à l'aide de vis et de boulons. L'employeur décide alors de reconstruire les trémies n° 3 et 4. Le travail est confié à une entreprise spécialisée en soudage. À l'hiver 2022, les trémies n° 5 et 6 ont été reconstruites à leur tour. La reconstruction des trémies n° 1 et 2 était quant à elle prévue en 2023. L'absence de corrosion visible en 2021 a guidé le choix de les reconstruire en dernier.



Fig. 3 – *Vue aérienne de l'intérieur de la trémie n° 1 après la chute*
Source : CNESST

4.2.3 Expertise

Une expertise technique a été effectuée sur la trémie n° 1 par la firme Consultants Mesar à la demande de la CNESST, afin de connaître les causes de la chute.

Les six trémies ont la même conception. Elles forment une pyramide inversée. La partie large se trouve donc vers le haut et prend appui sur quatre murs de béton qui se prolongent au-dessus des trémies et forment un silo d'une capacité d'environ 68 m³.

La trémie n° 1 était supportée par des pièces métalliques (fers C) en appui sur le béton. Elle y était fixée en 24 endroits à l'aide de plaques d'acier verticales épousant l'angle des parois de la trémie et soudées à la trémie et aux fers C.

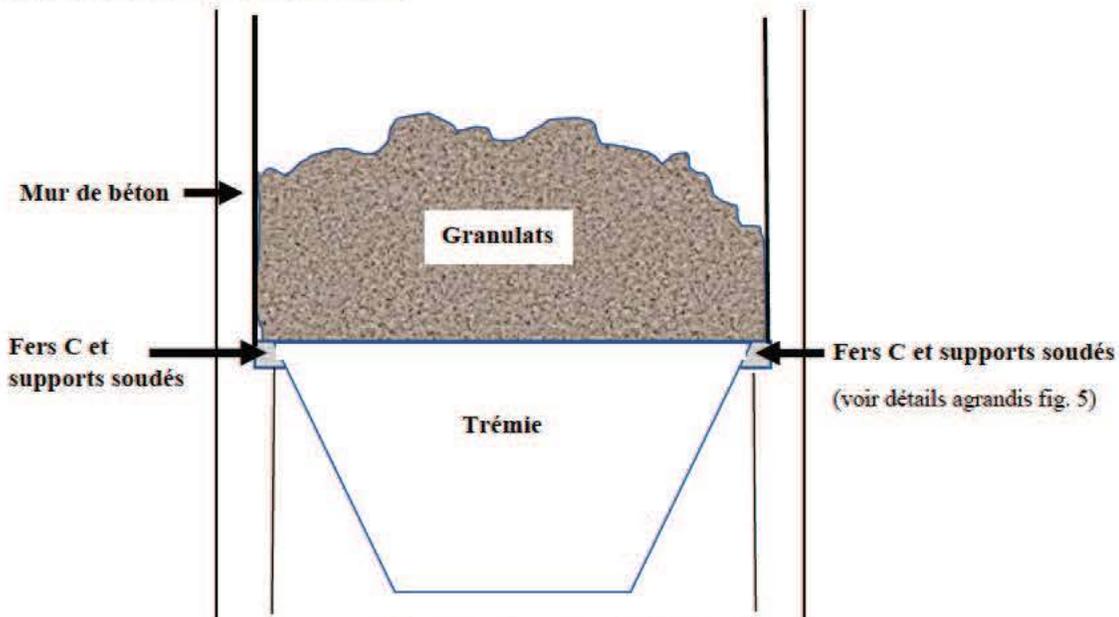


Fig. 4 – Croquis de la trémie
Source : CNESST

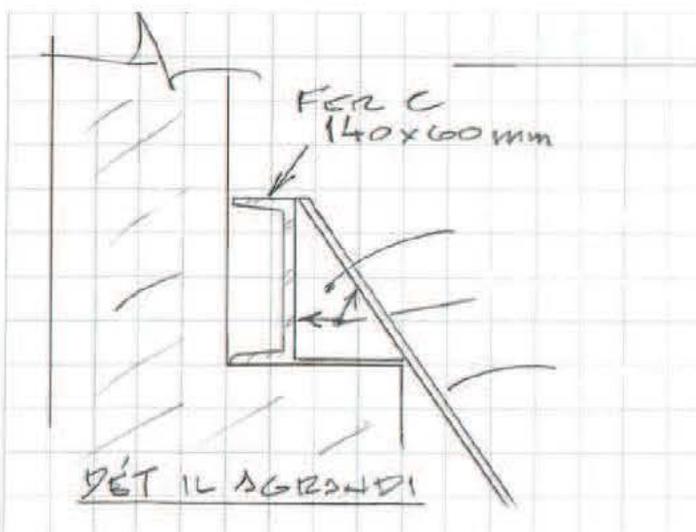


Fig. 5 – Détails agrandis d'un support de trémie
Source : Consultants Mesar

Selon les calculs de l'expert, la trémie avait, dans son état original, une capacité supérieure à ce qui est nécessaire pour supporter une charge pleine de granulats.

Depuis sa mise en service, la trémie n° 1 a fait l'objet de plusieurs réparations, notamment l'ajout de plaques d'acier afin de compenser l'usure des plaques originales. Sur deux faces, il y a deux épaisseurs de plaques rajoutées; tandis que sur les deux autres, il y en a une. Seule la première épaisseur de plaque est soudée aux plaques d'acier verticales servant de support. Ces plaques, qui datent de l'installation originale, sont amincies et même perforées à certains endroits par la corrosion (voir fig. 6). Cette corrosion est surtout visible dans la partie supérieure, à la hauteur des points de support.



Fig. 6 – Partie supérieure de la trémie n° 1 corrodée

Source : CNESST

La cause de la corrosion ne peut être identifiée avec précision, mais le remplissage des trémies par le dessus à l'aide de camions-bennes peut l'expliquer en partie. En hiver, le sel de déglacage, employé sur les routes et se retrouvant sous les camions, devait tomber pour ensuite percoler dans les granulats, jusqu'aux parois de la trémie, pouvant ainsi causer la corrosion de l'acier.

La configuration des supports de la trémie ne permet pas de les inspecter par le dessous de la trémie afin d'en vérifier l'état, car elles sont cachées par le mur de béton. Les supports ne sont pas non plus visibles par le haut et le revêtement intérieur empêche de voir l'état des plaques d'acier. Même en retirant le revêtement, il est impossible de voir les plaques originales, puisqu'elles sont recouvertes d'une ou deux autres plaques (voir fig. 6).

La corrosion des plaques d'acier composant la trémie a fait en sorte qu'elle n'était plus supportée en plusieurs endroits. Le jour de l'accident, la capacité des supports restants a été dépassée, ce qui a causé sa chute.

En plusieurs endroits, l'acier des plaques est corrodé, et parfois même perforé. En d'autres endroits, la couleur du métal déchiré indique que le déchirement des parois encore supportées s'est produit au moment de la chute.



Fig. 7 – Vue de deux points de support la trémie n° 1 après la chute
Source : CNESST

L'expertise conclut que :

- La chute de la trémie n° 1 a été causée par la corrosion de ses parois, principalement dans la partie supérieure.
- La configuration de la zone des supports empêchait de visualiser les parois et les supports afin d'en connaître l'état.
- L'ajout de plaques d'acier par-dessus les plaques originales empêchait quant à lui de constater l'état corrodé de celles-ci.



Fig. 8 – Trémie n° 2 vue du dessous. Configuration identique
à la trémie n° 1 avant sa chute
Source : CNESST

4.2.4 Règlementation applicable

En absence de réglementation spécifique ou de norme applicable à ce type d'installation, la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST)¹ prévoit que :

Article 51 :

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique et psychique du travailleur. Il doit notamment : [...]

1 : s'assurer que les établissements sur lesquels il a autorité sont équipés et aménagés de façon à assurer la protection du travailleur; [...]

5 : utiliser les méthodes et techniques visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur; [...]

7 : fournir un matériel sécuritaire et assurer son maintien en bon état. [...]

¹ S-2.1 - Loi sur la santé et la sécurité du travail (gouv.qc.ca), article 51

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 La corrosion des parois de la trémie n° 1 compromet l'intégrité de ses points de support, entraînant leur surcharge jusqu'au point de rupture, causant la chute de la trémie sur le travailleur.

L'inspection de la trémie n° 1 après sa chute a dévoilé une importante corrosion dans le haut de ses parois, à l'endroit où celles-ci sont soudées aux supports. En plusieurs endroits, les plaques métalliques formant les parois sont amincies ou perforées, ce qui fait en sorte que le poids de la trémie et de son contenu est soutenu par un nombre limité de supports.

La dégradation des parois par corrosion a commencé à se former à la mise en service des trémies, en 1989, et s'est poursuivie jusqu'à ce qu'elle n'ait plus la capacité de supporter une pleine charge. Le matin du 28 avril 2022, la trémie a été remplie. Elle aurait contenu environ 120 tonnes métriques de granulats au moment de sa chute, une charge suffisante pour causer le déchirement de ses parois au niveau des supports restants.

La balance se trouvant sous la trémie n° 1, c'est à cet endroit que le travailleur se rend afin de diagnostiquer un problème de balance. La trémie chute au même moment.

Cette cause est retenue.

4.3.2 Les réparations antérieures de la trémie de granulats n° 1 dissimulent la corrosion de ses parois, ce qui fait que l'employeur en maintient l'utilisation.

Plusieurs des interventions d'entretien et de réparation effectuées sur les trémies de granulats par le passé visaient à prévenir ou à réparer les dommages aux parois causés par l'abrasion due à l'écoulement de granulats durant la production. L'ajout de plaques d'acier et l'installation d'un revêtement en matière plastique visaient respectivement à réparer et à protéger les parois de la trémie n° 1. Ces interventions ont cependant dissimulé la corrosion des parois originales. Il n'a donc pas été possible de constater les dommages lors de la dernière intervention en 2021, même après le retrait du revêtement. Par ailleurs, les plaques ajoutées ne contribuent pas à soutenir le poids de la trémie, car contrairement aux plaques originales, elles ne sont pas soudées aux supports qui la maintiennent en place. La configuration des trémies ne permet pas non plus de visualiser l'état des supports et du haut des parois par le dessous.

Contrairement à la trémie n° 1, de la corrosion et un amincissement des parois sont constatés sur la trémie n° 3 en 2021. L'employeur prend alors la décision de reconstruire celle-ci, de même que la trémie n° 4. Les trémies n° 5 et 6 sont reconstruites en 2022 et l'on planifie de reconstruire en 2023 les trémies n° 1 et 2, perçues comme étant en bon état en 2021.

Les dommages par la corrosion dans la partie supérieure de la trémie n° 1 n'ayant pas été constatés, la détérioration des parois se poursuit au point où la trémie chute le jour de l'accident.

Cette cause est retenue.

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

- La corrosion des parois de la trémie n° 1 compromet l'intégrité de ses points de support, entraînant leur surcharge jusqu'au point de rupture, causant la chute de la trémie sur le travailleur.
- Les réparations antérieures de la trémie de granulats n° 1 dissimulent la corrosion de ses parois, ce qui fait que l'employeur en maintient l'utilisation.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

L'accès sous les trémies a été interdit le 28 avril 2022 en raison de l'incertitude quant à leur solidité et afin de conserver les lieux inchangés pour les fins de l'enquête (rapport RAP9120483). Il fut réautorisé le 11 mai après qu'elles furent vidées de leur contenu (rapport RAP1385117). L'utilisation des trémies n° 3 à 6 a pu reprendre le 7 juin, après des modifications attestées par un ingénieur (rapport RAP1388215). Plus tard au cours de l'enquête, l'utilisation de la trémie n° 2 a également été autorisée le 11 août, à la suite de travaux attestés par un ingénieur (rapport RAP1394958).

5.3 Suivi de l'enquête

La CNESST transmettra les conclusions de son enquête à l'Association béton Québec, afin qu'elle en informe ses membres.

La CNESST transmettra également les conclusions de son enquête à toutes les associations sectorielles paritaires ainsi qu'à l'ensemble des gestionnaires de mutuelles de prévention.

ANNEXE A**Liste des accidentés****Travailleur décédé**

Nom, prénom : D [REDACTED]

Sexe : Masculin

Âge : [REDACTED]

Fonction habituelle : [REDACTED]

Fonction lors de l'accident : Opérateur

Expérience dans cette fonction : [REDACTED]

Ancienneté chez l'employeur : [REDACTED]

Syndicat : [REDACTED]

Travailleur blessé

Nom, prénom : E [REDACTED]

Sexe : Masculin

Âge : [REDACTED]

Fonction habituelle : [REDACTED]

Fonction lors de l'accident : Journalier

Expérience dans cette fonction : [REDACTED]

Ancienneté chez l'employeur : [REDACTED]

Syndicat : [REDACTED]

ANNEXE B**Liste des personnes interrogées**

Monsieur Horacio Correia, président, Rinox inc.

Madame Rosa Ciccarello, vice-présidente, Rinox inc.

Monsieur Liborio (Bobby) Correia, directeur général, Rinox inc.

Monsieur F [REDACTED], Rinox inc.

Monsieur A [REDACTED], Rinox inc.

Monsieur C [REDACTED], Rinox inc.

Monsieur B [REDACTED], Rinox inc.

ANNEXE C

Rapport d'expertise



MESAR™
INGÉNIEURS-CONSEILS

CNESST

RINOX Terrebonne
Chute d'une trémie de granulats

RAPPORT D'EXPERTISE



Date : 7 juillet 2022
N/N° Projet : CM19436
V/N° Projet : S/O

MEMBRE DU GROUPE MESAR



CONSULTANTS MESAR
4500, rue Charles-Malhiot, Trois-Rivières (Québec) G9B 0V4
Téléphone : 819 376-7771
www.mesar.qc.ca

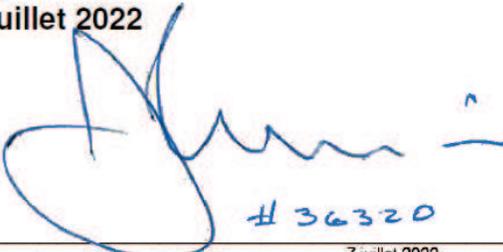
CNESST

RINOX Terrebonne
Chute d'une trémie de granulats

RAPPORT D'EXPERTISE

DATE : 23 juin 2022
RÉV. 1 : 29 juin 2022
RÉV. 2 : 7 juillet 2022

RÉDIGÉ PAR :


36320

Jean-Lacoursière, ing. ^{7 juillet 2022} N° OIQ : 36320
Directeur – Projets spéciaux – Structure

N/N° PROJET : CM19436

V/N° PROJET : S/O

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION	1
2.0	MANDAT	2
3.0	CONSTATATIONS	3
4.0	RÉSUMÉ DES TÉMOIGNAGES RECUEILLIS.....	5
5.0	DESCRIPTION DE LA TRÉMIE ET DE SES SUPPORTS.....	6
6.0	CORROSION DE LA TRÉMIE.....	8
7.0	CHARGES PRÉSENTES	9
8.0	CAPACITÉS DES SUPPORTS DE LA TRÉMIE	10
9.0	ANALYSE DES CAUSES PROBABLES DE LA CHUTE ET CONCLUSIONS	11

ANNEXES

ANNEXE 1 :	PLAN DE L'USINE
ANNEXE 2 :	CROQUIS
ANNEXE 3 :	PHOTOS

1.0 **INTRODUCTION**

Le 28 avril 2022, vers 12h30, alors qu'un travailleur était en train de chercher la cause d'un fonctionnement anormal d'une balance d'une série de six trémies de granulats, la première trémie de la série est tombée entraînant la mort du travailleur.

Suite à cet événement, Consultants MESAR Inc. a été mandatée pour réaliser une expertise visant à déterminer les causes de la chute de la trémie.

2.0 MANDAT

Le mandat de Consultants MESAR Inc. consiste en ce qui suit :

- Première visite sur place pour faire les constatations initiales et recueil de témoignages.
- Seconde visite pour prise de mesures et de photos des éléments démantelés de la trémie.
- Observation de l'état structural de la trémie.
- Calcul des charges, i.e. poids propre de la trémie et du contenu et vérification de la sollicitation des supports.
- Analyse des bris qui ont mené à la chute de la trémie.
- Diagnostic de la ou des causes de la chute de la trémie.
- Rédaction du rapport d'expertise.

3.0 CONSTATATIONS

Des photos à l'annexe 2 illustrent les constatations expliquées ci-dessous.

Une première visite sur place a été faite le lundi 2 mai par l'ingénieur Jean Lacoursière. Lors de cette visite, les constatations suivantes ont été faites :

- Une ouverture avait été sciée dans le mur de béton ouest du bâtiment qui abrite les six trémies, pour accéder à l'endroit où la chute s'est produite.
- La trémie gisait sur son côté ouest, encore supportée par des palans à chaînes accrochés à des pièces d'ancrage fixées au béton existant par les secouristes.
- Des pièces de support, qui consistent en des fers C de 140mm de hauteur étaient encore en place sur les murs de support en béton, d'autres étaient pliées et tordues et pendaient dans le vide.
- La zone n'étant pas complètement sécurisée, il n'était pas possible d'y pénétrer, cependant des observations de près ont pu être faites à l'aide d'un drone dont les services avaient été retenus par la CNESST.
- À l'aide du drone il a été possible de constater des déchirures dans les parois de la trémie, aux endroits où celles-ci étaient soudées aux fers C qui servaient à supporter la trémie.
- Certaines déchirures étaient manifestement très récentes, comme en témoigne la couleur grise de la surface déchirée, alors que d'autres dataient déjà d'un certain temps puisque les surfaces déchirées étaient brun rouille.

Pour le démantèlement de la trémie, il fallait la découper en morceaux, il a donc été demandé de numéroter les morceaux et d'identifier de quelle face de la trémie ils proviennent. Il a également été demandé de les entreposer à l'abri des intempéries afin que les surfaces fraîchement déchirées ne rouillent pas, ce qui risquerait d'empêcher de les identifier.

Lors de la seconde visite qui a eu lieu le 19 mai, les morceaux de la trémie découpée étaient identifiés et entreposés comme demandé. Les constatations additionnelles suivantes ont été faites :

- Le revêtement protecteur en matière plastique avait été presque totalement enlevé.

- Il était possible de voir que des plaques d'acier avaient été ajoutées à l'intérieur, une épaisseur sur deux des faces, et deux épaisseurs sur deux autres faces.
- Ces plaques de renforcement qui ont été ajoutées n'ont pas été fixées aux fers C qui supportaient la trémie.
- Un détail très important, les parois originales étaient visiblement très amincies par la corrosion, et plus particulièrement dans la partie supérieure, et l'ajout des nouvelles plaques ne faisait pas en sorte de renforcer la trémie corrodée aux endroits où elle était supportée.
- Au sommet, des endroits déchirés correspondaient avec les positions des supports visibles sur les fers C.
- Comme mentionné aux observations faites lors de la première visite, certaines des déchirures étaient visiblement fraîches, alors que d'autres dataient d'un certain temps. Les positions exactes de ces déchirures n'ont pas été relevées, l'état des éléments rendait cet exercice difficile et cette information n'est pas de grande importance dans la présente analyse.
- Les fers C qui supportaient la trémie ont été en partie récupérés. Sur ces fers C on pouvait voir les coins de trémie déchirés et les supports qui consistaient en des plaques transversales soudées verticalement sur le dos des fers C, sur lesquels on pouvait voir des portions de parois déchirées.

4.0 **RÉSUMÉ DES TÉMOIGNAGES RECUEILLIS**

L'essentiel des témoignages portés à notre attention est comme suit :

- La balance sous la trémie no1 donnait un signal anormal.
- Un travailleur s'est rendu à cet endroit en passant par la galerie de convoyeurs sous les trémies.
- Rendu sous la trémie no 1, le travailleur, qui était visible via une caméra de surveillance, aurait levé les yeux et enlevé ses protecteurs auditifs probablement pour voir et constater l'anomalie.
- Et c'est à ce moment que la chute de la trémie s'est produite.

5.0 DESCRIPTION DE LA TRÉMIE ET DE SES SUPPORTS

Les croquis SK1 et SK2 inclus à l'annexe 2 montrent schématiquement la trémie et ses supports. Le Propriétaire n'a pas de dessins de ces installations, cependant il nous a fourni l'essentiel des dimensions que nous avons indiquées sur nos croquis. Les détails de l'installation sont expliqués ci-dessous :

Les six trémies sont alignées dans un bâtiment dont la partie supérieure est en acier, supportée par des murs de béton. Ces murs de béton supportent également les trémies et se prolongent 8 pieds au-dessus du sommet des trémies sur les quatre côtés. Les trémies sont en forme de pyramide inversée, ont 2.44m (8 pieds) de hauteur et mesurent 3.66m par 4.88m (12 pieds par 16 pieds) au sommet et 0.61m par 1.83m (2 pieds par 6 pieds) à la base. L'ensemble trémie – murs de béton constitue chacun un silo d'entreposage de granulats avec une capacité d'environ 68 mètres cubes en considérant un comble de quatre pieds de hauteur, pour un entreposage total d'environ 130 tonnes métriques de granulats.

La trémie no 1 était supportée au sommet par des fers C de 140mm de hauteur qui font la totalité du périmètre et qui s'appuient sur les murs de béton. Sur les éléments démantelés, il a pu être constaté que les parois de la trémie étaient fixées aux fers C à vingt-quatre endroits, soit aux quatre coins, à quatre endroits sur chacune des faces de 4.88m (16 pieds) de longueur et à six endroits sur chacune des faces de 3.88m (12 pieds) de longueur. La fixation est par soudure, sur des plaques verticales qui épousent l'angle des parois de la trémie, qui sont aussi soudées verticalement sur le dos des fers C. Fait important à mentionner, sur les quatre faces, la paroi de la trémie passe vis-à-vis le coin intérieur des murs de béton avant de rejoindre les points de support qui sont situés au-dessus et un peu en retrait, ce qui fait en sorte que tous les points de support et la partie supérieure de la paroi sont invisibles d'en bas sous la trémie. De plus, les points de support ne sont pas visibles à partir du haut de la trémie, et les plaques d'acier et le revêtement protecteur recouvrent entièrement la partie intérieure de la paroi de la trémie, la rendant invisible par le dessus.

Le responsable du Propriétaire nous a informés que les trémies originales auraient été fabriquées en Italie, ce qui expliquerait les dimensions des fers C, 140mm de hauteur par 60mm de largeur, qui ne sont pas standard en Amérique du Nord.

L'épaisseur originale des parois de la trémie n'a pas pu être mesurée précisément en raison de la corrosion, en effet à certains endroits près du sommet l'épaisseur résiduelle était d'environ 1mm à 2mm, et plus bas où il y avait peu de corrosion l'épaisseur mesurée est d'environ 4 à 4.5mm. Nous avons assumé que l'épaisseur originale était 4.5mm, une dimension qui n'est pas non plus standard en Amérique du Nord.

6.0 CORROSION DE LA TRÉMIE

Nous avons mentionné que les parois de la trémie étaient très amincies par la corrosion dans la partie supérieure. Nous ne sommes pas en mesure de déterminer avec certitude la cause de cette corrosion, cependant un fait qui a été porté à notre attention par le Propriétaire semble expliquer au moins partiellement la situation : actuellement les granulats sont distribués dans les six trémies via un convoyeur, alors qu'autrefois les trémies étaient remplies directement à partir de camions-bennes qui reculaient le long de la rampe et au-dessus des trémies. En assumant que ceci se faisait douze mois par année, ce qui implique que durant l'hiver, une partie du sel de déglçage accumulé sur le châssis, les essieux et les roues des camions devait tomber lorsque ceux-ci roulaient sur les grillages au-dessus des trémies. Ce sel qui percolait alors dans les granulats se déposait ensuite en partie sur les parois des trémies, causant la corrosion de l'acier de ces parois.

Il est possible que la corrosion ait été causée par d'autres facteurs, cependant l'explication ci-dessus nous apparaît être celle qui est la plus plausible et la plus susceptible d'avoir causé les dommages constatés.

7.0 **CHARGES PRÉSENTES**

Suivant les informations obtenues, la trémie était pleine lorsque l'accident s'est produit. Selon nos calculs, la trémie avec les plaques additionnelles et la protection en matière plastique pèse environ 4 à 5 tonnes métriques, et le contenu pèse 125 à 126 tonnes métriques, pour un total d'environ 131 tonnes métriques.

8.0 **CAPACITÉS DES SUPPORTS DE LA TRÉMIE**

Pour les fins de la présente expertise, seuls les éléments qui ont joué un rôle dans l'accident ont été investigués, soit la partie supérieure de la paroi et les soudures aux fers C. En effet, aucun dommage n'a été constaté sur les murs de béton et les fers C qui étaient pliés et tordus l'ont été parce qu'ils ont été entraînés par la trémie lorsqu'elle est tombée.

Nos calculs ont été faits avec des données Nord-Américaines très communes, soit une limite élastique de 248 MPa (36 000lb/po²) pour l'acier, et une limite ultime de 414 MPa (60 000lb/po²) pour la soudure, puisque les valeurs originales d'origine italienne ne sont pas connues. Ces valeurs correspondent toutefois à de l'acier et à de la soudure relativement standard pour ce genre d'équipement et les calculs faits sur cette base donnent des résultats qui sont une estimation relativement conservatrice.

Comme mentionné à la section 5.0, la trémie était supportée à 24 endroits, soit aux quatre coins et à 20 endroits le long des fers C. À ces endroits, nous avons investigué par calculs la capacité des soudures ainsi que la capacité de la paroi en déchirement par cisaillement, le tout à l'état original, i.e. sans corrosion.

Les résultats des calculs effectués sont comme suit :

- Capacité basée sur les soudures : 300 tonnes métriques approx.
- Capacité basée sur le déchirement de la paroi : 370 tonnes métriques approx.

Ces valeurs sont bien supérieures aux charges présentes lors de la chute de la trémie, 131 tonnes métriques, ce qui permet de conclure que la capacité originale sans corrosion était suffisante pour supporter les charges d'utilisation.

9.0 ANALYSE DES CAUSES PROBABLES DE LA CHUTE ET CONCLUSIONS

Les visites sur place, l'étude des informations recueillies et les calculs effectués ont permis de dégager ce qui suit :

- Après sa chute, la trémie gisait sur son flanc OUEST.
- La trémie était encore entière, à l'exception des portions déchirées dans la partie supérieure de la paroi, ce qui démontre que la rupture s'est produite au niveau des supports.
- Au périmètre de la partie supérieure de la trémie on pouvait voir que tous les points de support de la trémie aux fers C étaient rupturés, Les fers C eux-mêmes étant encore sur le dessus du mur de béton qui supportait la trémie;
- On remarquait cependant que les fer C du côté EST et du côté OUEST, ainsi que l'extrémité de celui du côté NORD étaient déplacés vers l'intérieur ce qui démontre que ce sont les derniers points de support qui ont cédé après avoir été entraînés par la trémie lors de sa chute;
- Le fer C du côté SUD était resté en place;
- Sur la trémie tombée dans la galerie de convoyeur et sur les portions démantelées de la trémie, des points de support déchirés présentaient de la rouille, ce qui démontre que ces déchirures étaient présentes depuis un certain temps.
- Sur les portions démantelées, on peut constater que la partie supérieure de la trémie était très amincie par la corrosion, l'épaisseur restante étant d'environ 1 à 2 millimètres et qu'elle était même perforée à plusieurs endroits, dont des points de support.
- Les calculs démontrent qu'à l'état original, la capacité des supports était largement suffisante pour supporter les charges d'utilisation.
- Les points de support étaient invisibles et la face intérieure de la paroi de la trémie était cachée par les plaques qui ont été ajoutées au fil du temps.
- Les plaques d'acier qui ont été ajoutées n'étaient pas fixées au support et par conséquent, ne contribuaient pas à supporter le poids de la trémie et du matériel qui y était entreposé.
- Le poids de la trémie et du matériel entreposé était donc supporté uniquement par la partie supérieure amincie et perforée par la corrosion.
- Au fil du temps des points de support ont cessé de reprendre des charges, soit parce que l'acier était coupé par la corrosion ou rupturé parce que trop aminci.

En conclusion, la chute de la trémie no 1 a vraisemblablement été causée par la corrosion de la paroi de la trémie, principalement dans la partie supérieure où étaient situés les points de support. Sous l'effet de la corrosion, l'acier de la paroi a été aminci de façon très importante et a même été perforé, ce qui a fait en sorte que les contraintes sont devenues excessives sur les points de support qui restaient et qui a provoqué la rupture de l'acier par déchirement et la chute de la trémie.

L'arrangement des fers C suite à la chute de la trémie nous permet de reconstituer la séquence suivante qui nous semble la plus plausible :

- Il n'y avait plus du support sur la face SUD, ;
- Il restait peut-être un ou deux supports près du coin NORD – OUEST;
- Il restait des supports vers le centre des faces EST et OUEST;
- La concentration des charges sur ces derniers supports aurait fait en sorte de tirer les fers C vers l'intérieur;
- La trémie a commencé à descendre ce qui a fait déchirer ce qui restait des supports du côté OUEST;
- La trémie a basculé en glissant le long du mur de béton OUEST et est finalement tombée, en déchirant les derniers points de support de la face EST.

Il est important de mentionner que la configuration dans la zone des supports empêchait de voir l'état des supports et l'état de la paroi par en dessous à partir de la galerie de convoyeurs et que l'ajout de plaques tel qu'il a été fait à l'intérieur de la trémie ne contribuait pas à renforcer la paroi existante dans la zone des supports où celle-ci était corrodée, en plus du fait que les plaques empêchaient de voir l'état de la paroi par le dessus.

ANNEXE 1

PLAN DE L'USINE



ANNEXE 2

CROQUIS



MESAR
INGÉNIEURS · CONSEILS

NOTES DE PROJET

Projet : TRÉMIS DE GRANULATS

Page : SK1 de SK1 de Date : 20 JUIN 2022

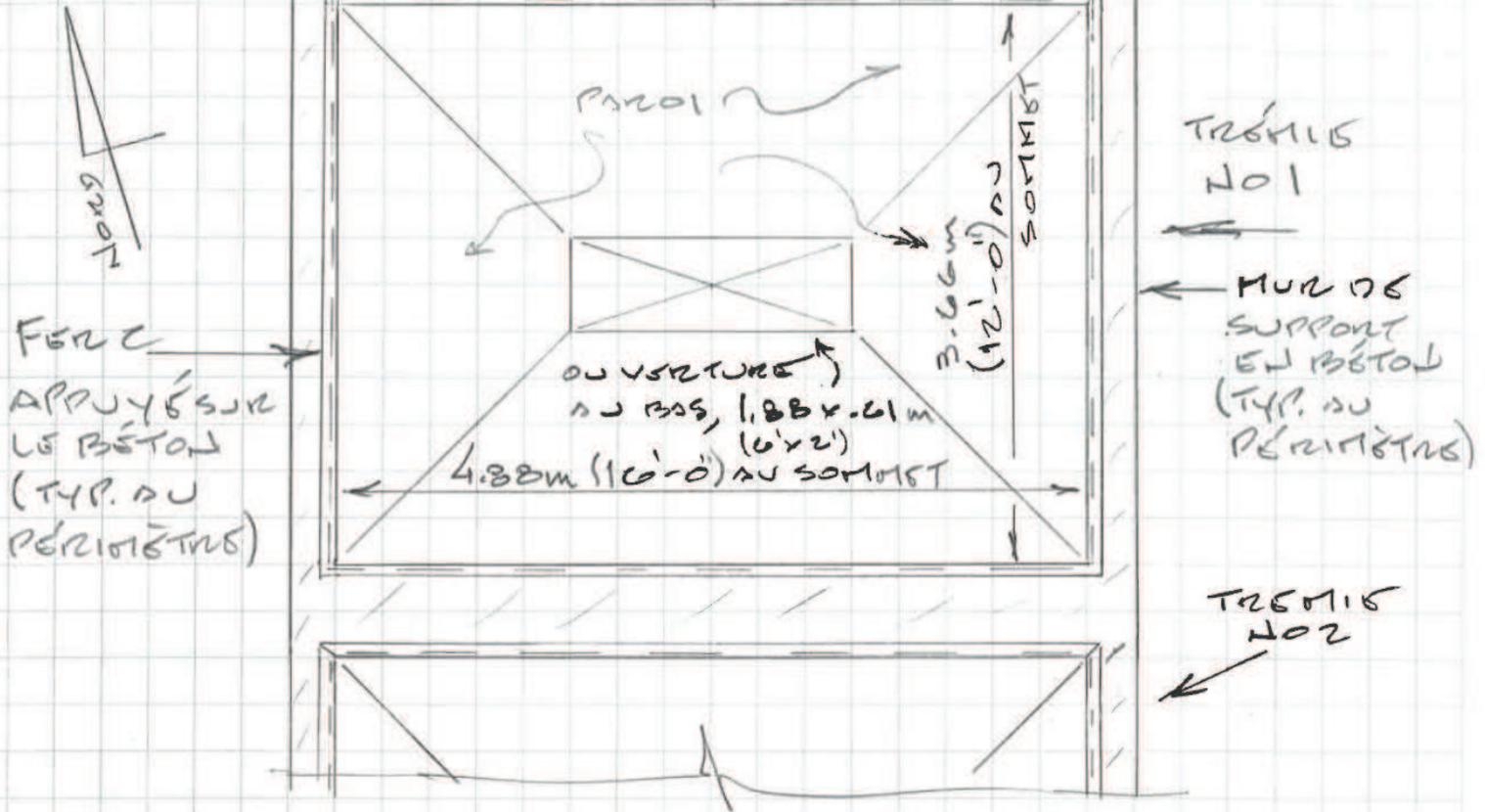
Projet N° : 19436

Client : CNESST

Préparé par : J. LDC

Vérifié par : J. LDC

Discipline : STRUCT.



VUE EN PLAN PARTIELLE

(NON À L'ÉCHELLE)

NOTE: TOUTES LES DIMENSIONS ONT ÉTÉ FOURNIES PAR LE PROPRIÉTAIRE

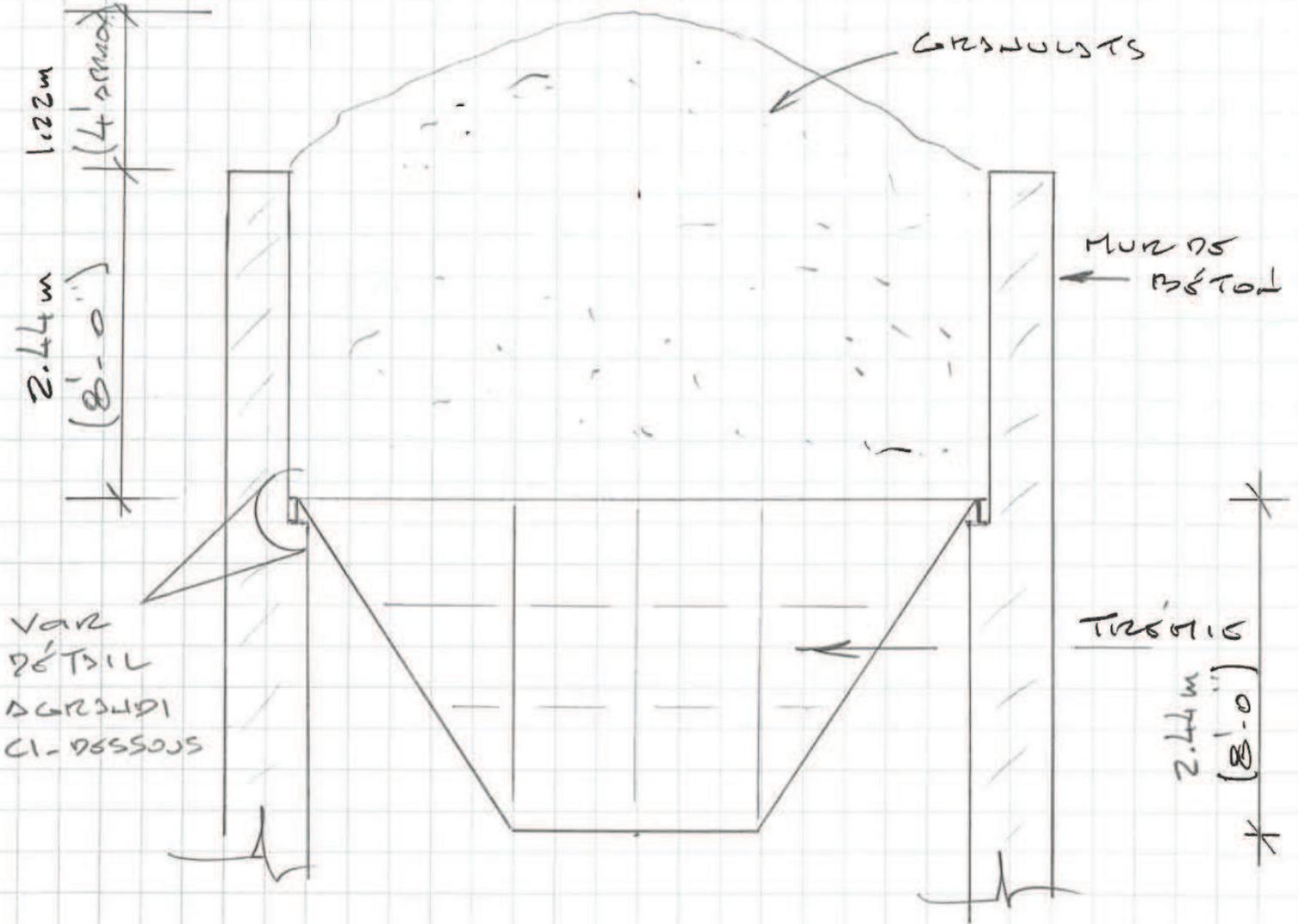


MESAR
INGÉNIEURS-CONSEILS

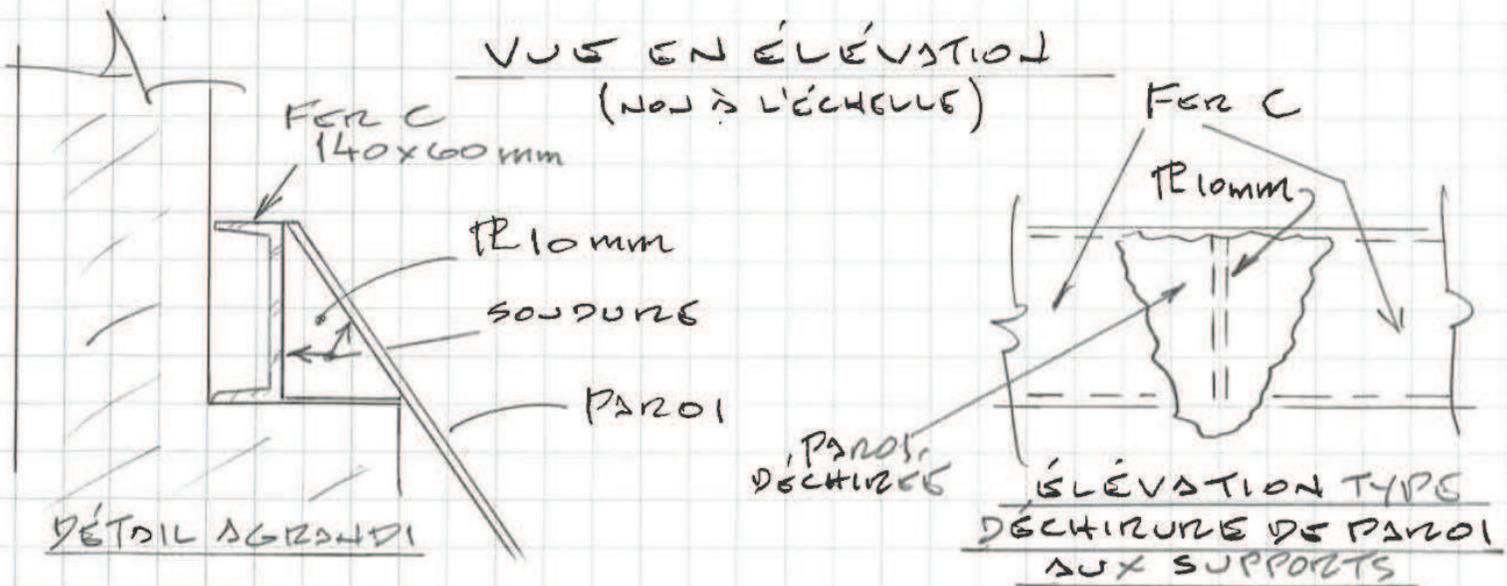
NOTES DE PROJET

Projet : TRÉVILIS DE GRANULATS

Page :	542	de		Date :	20 JUIN 2022
Projet N° :	19436				
Client :	CNESST				
Préparé par :	J. LBC				
Vérifié par :	J. LBC				
Discipline :	STRUCT.				



VUE EN ÉLEVATION (NOT À L'ÉCHELLE)



ANNEXE 3

PHOTOS

Trémie no 1, face sud



Partie corrodée au-dessus du mur de béton

Tremie no 2, face nord



Zone cachée potentiellement corrodée

Coin sud-est

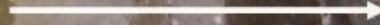
Défecteur face sud

Fer C est tiré vers l'intérieur



Face est

Fer C est tiré vers l'intérieur



Coin nord-est

Fer C nord

Fer C est tiré vers
l'intérieur

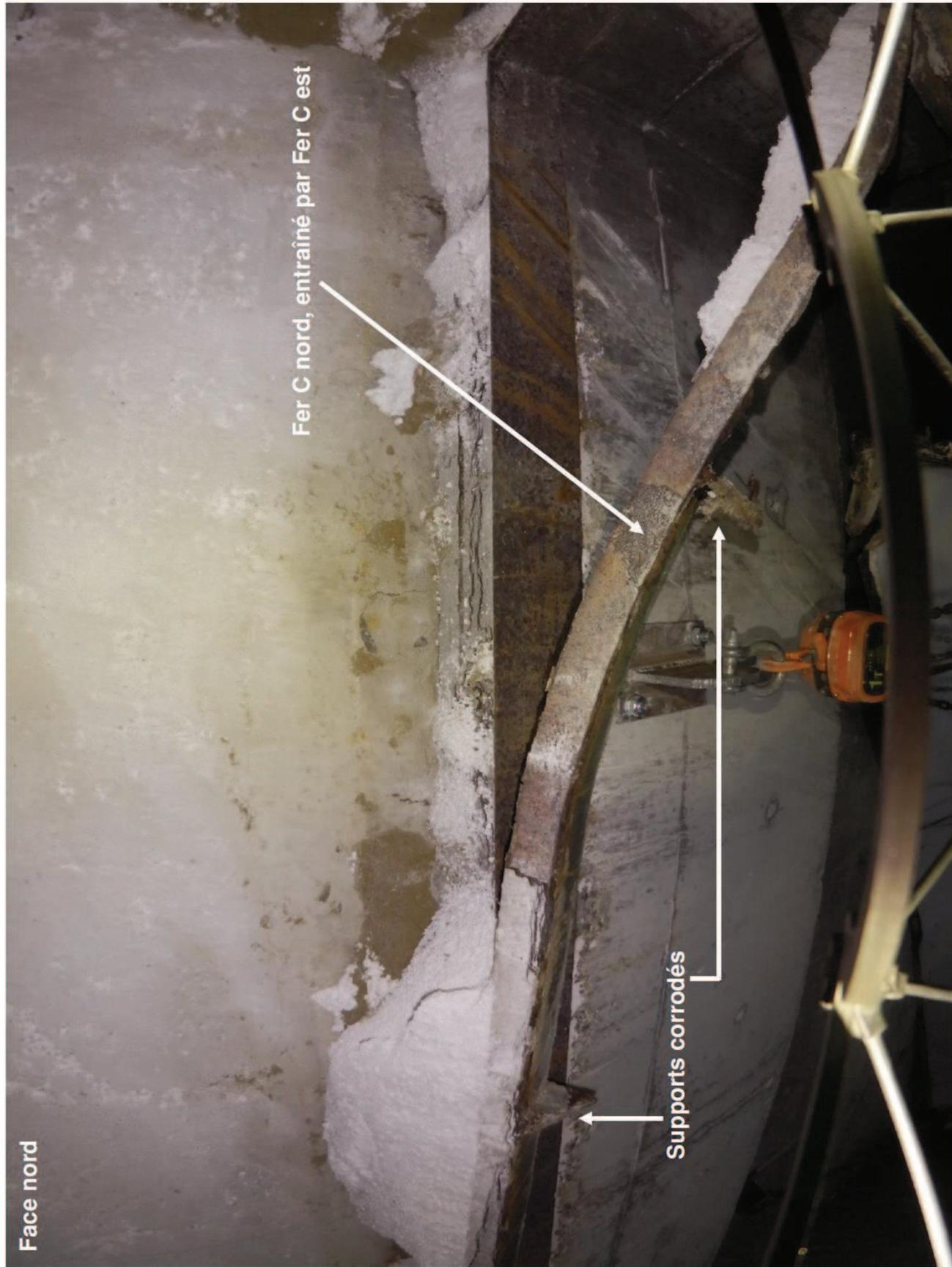
Support corrodé



Face nord

Fer C nord, entraîné par Fer C est

Supports corrodés



Face nord

Fer C tordu
mais resté en place

Supports corrodés



Face nord

Fer C nord, tordu mais resté en place

Support corrodé

Support corrodé



Coin nord-ouest

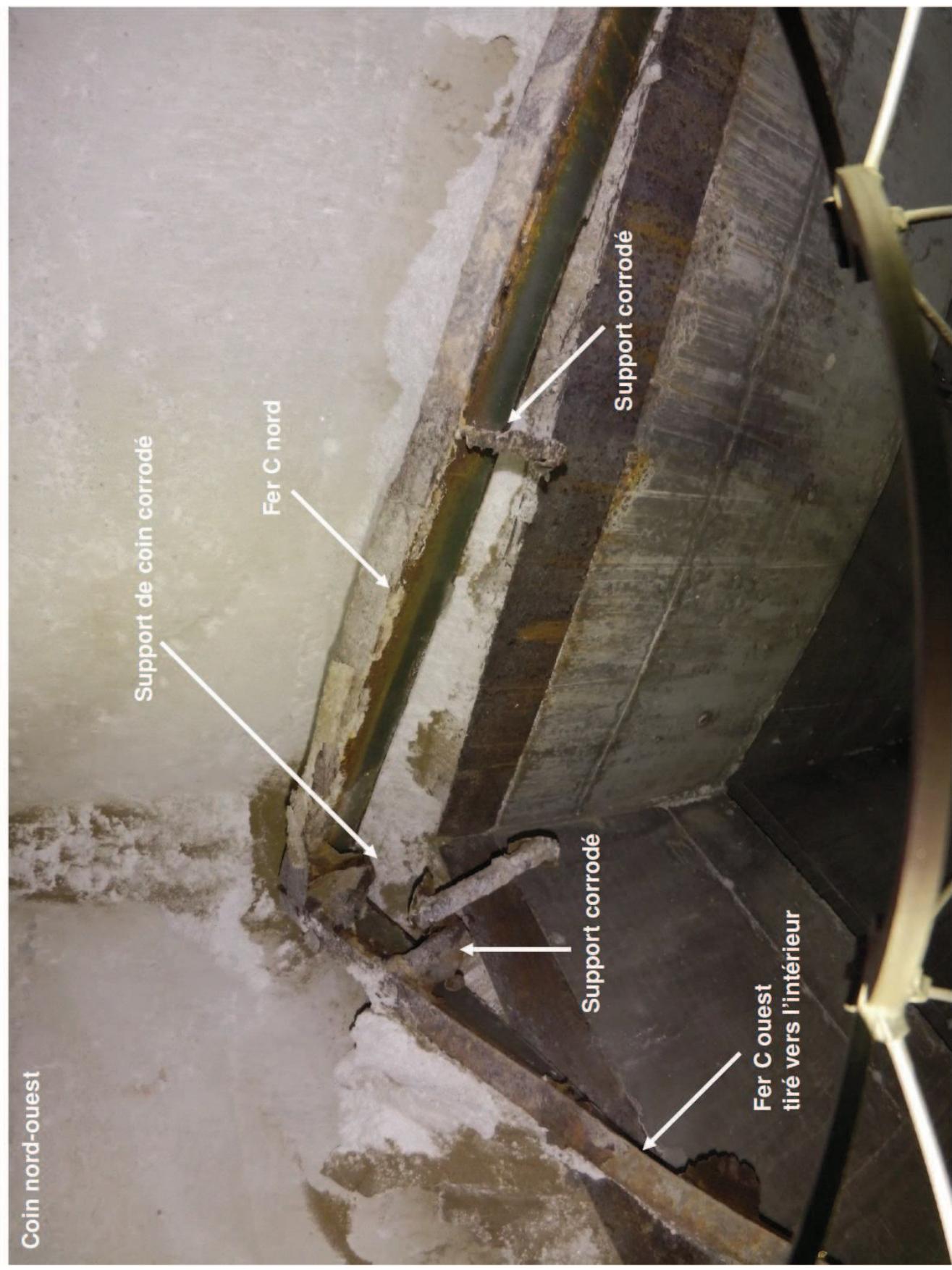
Support de coin corrodé

Fer C nord

Support corrodé

Support corrodé

Fer C ouest
tiré vers l'intérieur



Face ouest



Fers C tirés vers l'intérieur





Coin sud-ouest

Défecteur



Fer C tiré
vers l'intérieur



Fer C tiré
vers l'intérieur



Coin sud-est

Défecteur

Fer C tordu

Fer C resté en place



Face sud

Défecteur



Fer C resté en place



Face sud



Point de support
corrodé

Fer C resté en place

Face sud



Fer C resté en place

Point de support corrodé

Face sud



Point de support corrodé

Fer C resté en place