

RAPPORT D'ENQUÊTE

Accident ayant causé la mort d'un travailleur de « Les entreprises Christian Fortin inc. », survenu le 23 décembre 2021, sur un chantier de construction résidentiel situé au [REDACTED] dans la municipalité de Blue Sea.

Service de la prévention-inspection - Outaouais

Inspectrice :

Nancy Lemoine

Inspecteur :

Cyril Martin, ing.

Date du rapport : 13 juin 2022

Rapport distribué à :

- Monsieur Christian Fortin, propriétaire, Les entreprises Christian Fortin inc.
 - Maître Joanne Lachapelle, coroner
 - Docteure Brigitte Pinard, directrice intérimaire de santé publique de l'Outaouais
-

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	3
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	3
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	7
<u>4</u>	<u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u>	<u>8</u>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	8
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	9
4.2.1	L'ACCIDENTÉ	9
4.2.2	CONSTATS SUR LE LIEU DE L'ACCIDENT	10
4.2.3	LE PUIT DE SURFACE ET LA CONDUITE D'EAU	12
4.2.4	LES ÉQUIPEMENTS UTILISÉS	13
4.2.3.1	CHAUDIÈRE ARTISANALE	13
4.2.3.2	TUYAU DE VAPEUR ET CONNECTEUR	17
4.2.3.3	TORCHE ET BONBONNE DE PROPANE	19
4.2.5	LA MÉTHODE DE TRAVAIL UTILISÉE POUR DÉGELER LA CONDUITE D'EAU ET RÈGLES DE L'ART ASSOCIÉES	20
4.2.6	LES APPAREILS À DÉGELER LES TUYAUX MANUFACTURÉS ET AUTRES APPAREILS GÉNÉRANT DE LA VAPEUR	21
4.2.7	LE FONCTIONNEMENT D'UNE BONBONNE DE GAZ LIQUÉFIÉ	24
4.2.8	LOIS, RÉGLEMENTATION ET NORMES APPLICABLES	25
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	26
4.3.1	LE TRAVAILLEUR SE TROUVE DANS LA TRAJECTOIRE D'UN MORCEAU DE MÉTAL PROVENANT DE L'EXPLOSION DE LA CHAUDIÈRE ARTISANALE.	26
4.3.2	LA CONCEPTION ET LA FABRICATION DE LA CHAUDIÈRE ARTISANALE SONT DÉFICIENTES EN CE SENS QU'ELLE ÉTAIT SUJETTE AU DANGER D'EXPLOSION.	27
4.3.3	LA MÉTHODE DE TRAVAIL ASSOCIÉE À L'UTILISATION DE LA CHAUDIÈRE ARTISANALE EST DÉFICIENTE PARCE QU'ELLE FAVORISE UNE AUGMENTATION EXCESSIVE DE LA PRESSION DANS LA CHAUDIÈRE ARTISANALE.	28
<u>5</u>	<u>CONCLUSION</u>	<u>31</u>

5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	31
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	31
5.3	SUIVIS DE L'ENQUÊTE	31

ANNEXES

ANNEXE A :	Accidenté	33
ANNEXE B :	Liste des personnes interrogées	34
ANNEXE C :	Précisions sur une partie de la réglementation consultée	35
ANNEXE D :	Croquis	39
ANNEXE E :	Références réglementaires	40

SECTION 1

1 RÉSUMÉ DU RAPPORT

Description de l'accident

Le 23 décembre 2021, par une température de -18 °C, un représentant de l'employeur et ■■■■■■■■■■ travailleur entreprennent des travaux de dégel d'une conduite d'eau d'un puits de surface situé sur une propriété privée. Pour ce faire, ils utilisent une chaudière artisanale à laquelle un tuyau, servant au transport de la vapeur, est connecté. La chaudière est chauffée à l'aide d'une torche alimentée par une bonbonne de propane. En cours d'opération, le représentant de l'employeur constate qu'il est difficile de maintenir une flamme constante sur la torche et que la chauffe est insuffisante. Il arrête complètement la chauffe, sans déconnecter le tuyau de transport de la vapeur. Avec l'aide du travailleur, il installe un feu de bois sous la chaudière artisanale et il reprend la chauffe. La vapeur s'accumule dans la chaudière artisanale, faisant augmenter la pression contenue jusqu'à ce qu'elle explose. Des fragments sont propulsés dans différentes directions.

Conséquences

Lors de l'explosion de la chaudière artisanale, le représentant de l'employeur est projeté au sol, blessé grièvement, tandis que l'un des fragments frappe le travailleur à la tête, le blessant mortellement.



Figure 1 - Photographie du lieu de l'accident

Source : CNESST

Abrégé des causes

Au terme de cette enquête, trois causes sont retenues pour expliquer cet accident :

- o Le travailleur se trouve dans la trajectoire d'un morceau de métal provenant de l'explosion de la chaudière artisanale.
- o La conception et la fabrication de la chaudière artisanale sont déficientes en ce sens qu'elle était sujette au danger d'explosion.
- o La méthode de travail associée à l'utilisation de la chaudière artisanale est déficiente parce qu'elle favorise une augmentation excessive de la pression dans la chaudière artisanale.

Mesures correctives

Le 23 décembre 2021, dans le rapport d'intervention RAP1371969, la CNESST interdit tout travail de dégel d'une conduite d'eau d'un puits de surface à l'aide d'une chaudière artisanale a été rendue pour le chantier résidentiel situé au [REDACTED] dans la municipalité de Blue Sea. ^A [REDACTED] ayant pris en charge les travaux visant à dégeler la conduite d'eau, l'interdiction est levée le 28 janvier 2022 dans le rapport d'intervention RAP1374132.

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

Les entreprises Christian Fortin inc. est une entreprise, créée en 1989, qui propose ses services sur le territoire de l'Outaouais, particulièrement dans la dans la municipalité régionale de comté (MRC) Vallée-de-la-Gatineau. Ses activités principales sont le terrassement et l'excavation pour l'installation de fosses septiques, de puits de surface et de fondations de maison. Une sablière, située sur le terrain de l'entreprise, est également exploitée pour les besoins exclusifs de l'entreprise. L'ensemble de la machinerie de l'entreprise est composé de pelles hydrauliques, de camions à benne basculante et d'un camion tracteur avec fardier. [redacted] à [redacted] travailleurs sont à l'emploi et ils agissent à titre de camionneur et de journalier. [redacted] B [redacted] participe aux activités quotidiennes en tant qu'opérateur de machinerie lourde et de journalier.

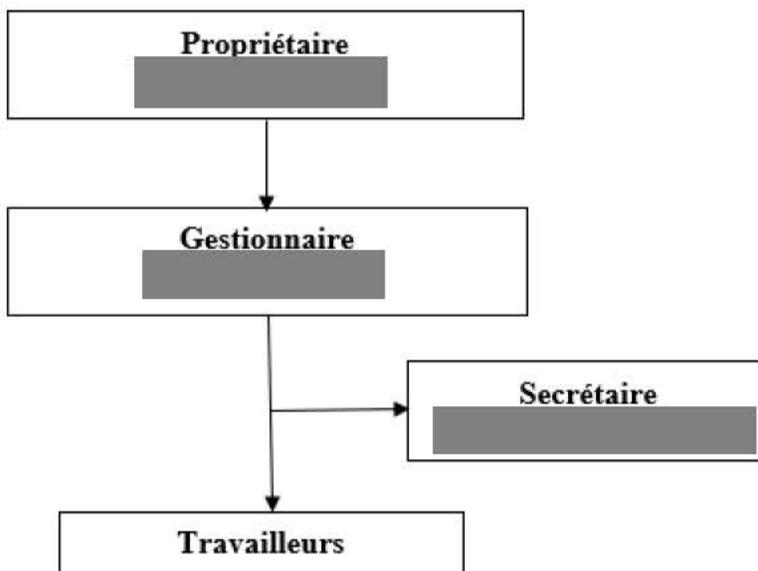


Fig. 2 - Organigramme illustrant la structure de l'entreprise
Source : CNESST

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

2.2.1 Mécanismes de participation

L'entreprise est classée dans le secteur d'activité *Forêts et scieries*. Compte tenu qu'elle s'agit d'une entreprise de petite taille, il n'y a aucun mécanisme de participation des travailleurs implanté. L'employeur mise plutôt sur le fait que les travailleurs peuvent lui rapporter tout problème de santé et sécurité du travail qu'il prendra en charge.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

L'employeur fournit tous les équipements de protection individuelle nécessaires selon le poste de travail occupé.



Au moins un travailleur est formé à titre de secouriste en milieu de travail et des troussees de premiers soins sont disponibles dans les véhicules de l'entreprise ainsi qu'à l'établissement.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Il s'agit d'un chantier de construction se trouvant sur une propriété privée rurale dans la municipalité de Blue Sea, dans la municipalité régionale de comté (MRC) Vallée-de-la-Gatineau, en Outaouais.

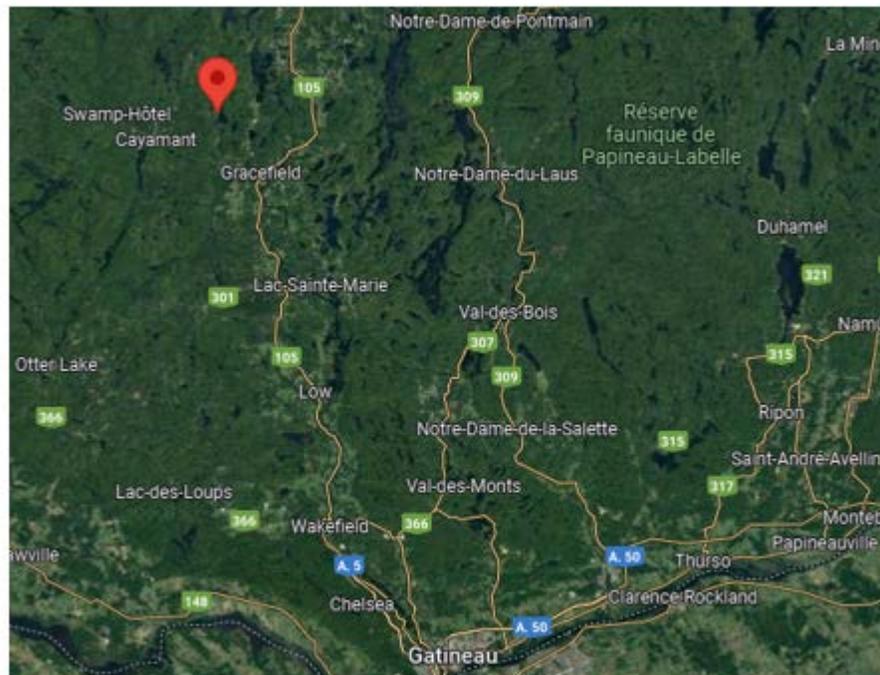


Fig. 3 - Positionnement du lieu de l'accident dans la Vallée-de-la-Gatineau
Source : Google Maps

Le terrain résidentiel, situé au [REDACTED] a une superficie de 6041 m². Les travaux ont lieu sur un chantier de construction d'une superficie d'environ 960 m². Celui-ci est bordé, sur deux côtés, par des rangées d'arbres ayant tous une hauteur estimée entre 10 m et 13 m. Un puits de surface, avec pompe submersible, se trouve sur le chantier, à environ 30 m de la résidence du propriétaire. Une pelle hydraulique est présente sur les lieux pour réaliser les travaux d'excavation.



Fig. 4 - Photographie du lieu de travail – Vue direction sud
Source : CNESST



Fig. 5 - Photographie du lieu de travail – Vue direction nord
Source : CNESST

Au cours des trois journées où les travaux ont lieu, du 21 au 23 décembre 2021, la station d'Environnement et Changement climatique Canada, située à 15 km du lieu de travail, a enregistré des températures entre 0 °C et -18,6 °C. Plus précisément, pour la journée du 22 décembre 2021, des températures se situant entre -1,3 °C et -16,6 °C ont été relevées. Dans la nuit du 22 au 23 décembre 2021, la température est descendue jusqu'à -18,6 °C. Au matin du 23 décembre 2021, les températures oscillaient entre -17,6 °C et -15,3 °C et le vent soufflait à une vitesse de près de 6 km/h.

3.2 Description du travail à effectuer

Les entreprises Christian Fortin inc. avait un contrat de maître d'œuvre qui consistait à agrandir le puits de surface d'une résidence. Ce contrat fait suite à des difficultés d'approvisionnement en eau potable signalées par le propriétaire. Il n'était toutefois pas coutumier, pour l'entreprise, de procéder à l'excavation ou à l'approfondissement d'un puits de surface à ce moment de l'année compte tenu des difficultés pouvant être occasionnées par les conditions météorologiques.

Les travaux ont débuté le 21 décembre 2021 et devaient se dérouler sur deux journées. La conduite d'eau, ainsi que la pompe submersible, ont été sorties du puits de surface pour procéder aux travaux d'excavation. En fin de journée, le 22 décembre 2021, le représentant de l'employeur a constaté, lors du branchement de la pompe, que l'apport en eau potable ne pouvait se faire jusqu'à la résidence alors que le niveau d'eau était suffisant dans le puits. La pompe submersible démarrait, mais elle s'arrêtait d'elle-même. Après la vérification des autres composantes, il soupçonne que de l'eau a pu geler dans la conduite d'eau, créant un bouchon de glace qui fait en sorte que le système de pompage ne peut faire transiter l'eau jusqu'à la résidence. Il est convenu que le dégel de la conduite d'eau sera réalisé le lendemain. Au matin du 23 décembre 2021, le travail consiste donc à dégeler la conduite d'eau, à brancher le système de pompage, puis à finaliser le nivellement du terrain où les travaux ont eu lieu.

SECTION 4

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

À la suite d'une entente avec le propriétaire d'un puits de surface, aux prises avec des problèmes d'approvisionnement en eau potable, Les entreprises Christian Fortin inc. débute des travaux d'agrandissement dudit puits le 21 décembre 2021. Le premier jour, à l'aide de la pelle hydraulique, monsieur **B** (ci-après nommé le représentant de l'employeur) entame l'excavation en retirant la terre gelée autour du puits de surface. Par la suite, avec l'aide de **C** travailleur, monsieur **C** (ci-après nommé le travailleur), il retire la pompe du puits de surface et il la range à son établissement, situé à proximité. À partir de l'intérieur de la résidence, le travailleur purge l'eau coincée dans la conduite d'eau, à l'aide d'un compresseur à air. De son côté, le représentant de l'employeur déterre la portion de la conduite d'eau à proximité du puits. Il retire ensuite les sept anneaux de béton composant le puits de surface, assisté du travailleur dont la tâche est d'attacher chaque anneau de béton avant leur soulèvement à l'aide de la pelle hydraulique. Puis, le représentant de l'employeur creuse l'espace nécessaire à un anneau de béton supplémentaire avant de replacer trois anneaux, tout en nivelant le terrain au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Le couvercle du puits est placé pour compléter cette première journée de travail.

Le 22 décembre 2021, les travaux se poursuivent. Avec l'aide du travailleur, le représentant de l'employeur termine la mise en place des anneaux de béton restants et poursuit le nivellement du terrain. Il observe que l'eau dans le puits de surface retrouve un niveau acceptable. En fin de journée, la pompe submersible est rebranchée, mais lors du démarrage, un dysfonctionnement est constaté. À la suite de vérifications, le représentant de l'employeur pense qu'un bouchon de glace s'est possiblement créé dans la conduite d'eau. Compte tenu de l'heure tardive, il est convenu avec **A** que le dégel de la conduite d'eau sera réalisé le lendemain. Dans la nuit du 23 décembre 2021, la température chute jusqu'à -18,6 °C.

Le matin du 23 décembre 2021, vers 8 h 00, le représentant de l'employeur et le travailleur se présentent sur les lieux. La température est toujours aux environs de -18 °C. De nouveau, le représentant de l'employeur essaie de faire fonctionner la pompe submersible, mais sans succès. Il vérifie également le branchement électrique qui ne s'avère pas en cause. Il coupe la conduite d'eau à proximité de la pompe et de l'eau s'écoule, lui confirmant qu'un bouchon de glace s'est créé quelque part dans la conduite d'eau, entre la pompe et la résidence. Le représentant de l'employeur et le travailleur entreprennent les travaux de dégel de la conduite d'eau. Pour ce faire, ils utilisent une chaudière artisanale à laquelle un tuyau de caoutchouc renforcé, servant au transport la vapeur, est connecté. De l'eau est versée dans la chaudière artisanale. Le représentant de l'employeur commence à chauffer la chaudière artisanale, à l'aide d'une torche alimentée par une bonbonne de propane, pour générer de la vapeur. Dès qu'il voit un peu de vapeur sortir du tuyau, il insère celui-ci dans la conduite d'eau.

À un moment, il constate qu'il est difficile de maintenir une flamme constante sur la torche et que la chauffe est insuffisante pour dégeler la conduite d'eau. Il place alors la bonbonne de propane dans son véhicule afin de limiter son exposition au froid, mais il n'arrive toujours pas à ces fins. Il arrête complètement la chauffe de la chaudière artisanale et laisse l'ensemble de son installation en place. Assisté du travailleur, il installe un feu de bois sous la chaudière artisanale.

Le représentant de l'employeur reprend la chauffe, avec les deux sources d'énergie combinées. Le tuyau de vapeur étant demeuré inséré dans la conduite d'eau, il ne peut vérifier si la chaudière produit effectivement de la vapeur. Il demande à son travailleur de s'éloigner. Comme la conduite d'eau est toujours bloquée, le représentant de l'employeur touche le tuyau de vapeur à certains endroits et constate que le tuyau est chaud à proximité de la chaudière artisanale, puis qu'il devient froid plus loin. Il poursuit la chauffe de la chaudière artisanale. Le travailleur se trouve à quelques mètres pour l'assister, au besoin.

La vapeur s'accumule dans la chaudière artisanale. Soudain, elle explose en trois fragments qui sont violemment propulsés sous l'effet de la pression emmagasinée dans la chaudière. L'un des morceaux atteint le travailleur à la tête et le blesse mortellement. Le représentant de l'employeur est également blessé. Les fragments sont retrouvés, dispersés, dans un rayon de 60 m du lieu de travail.



Fig. 6 - Photographie de la scène de l'accident
Source : CNESST

4.2 Constatations et informations recueillies

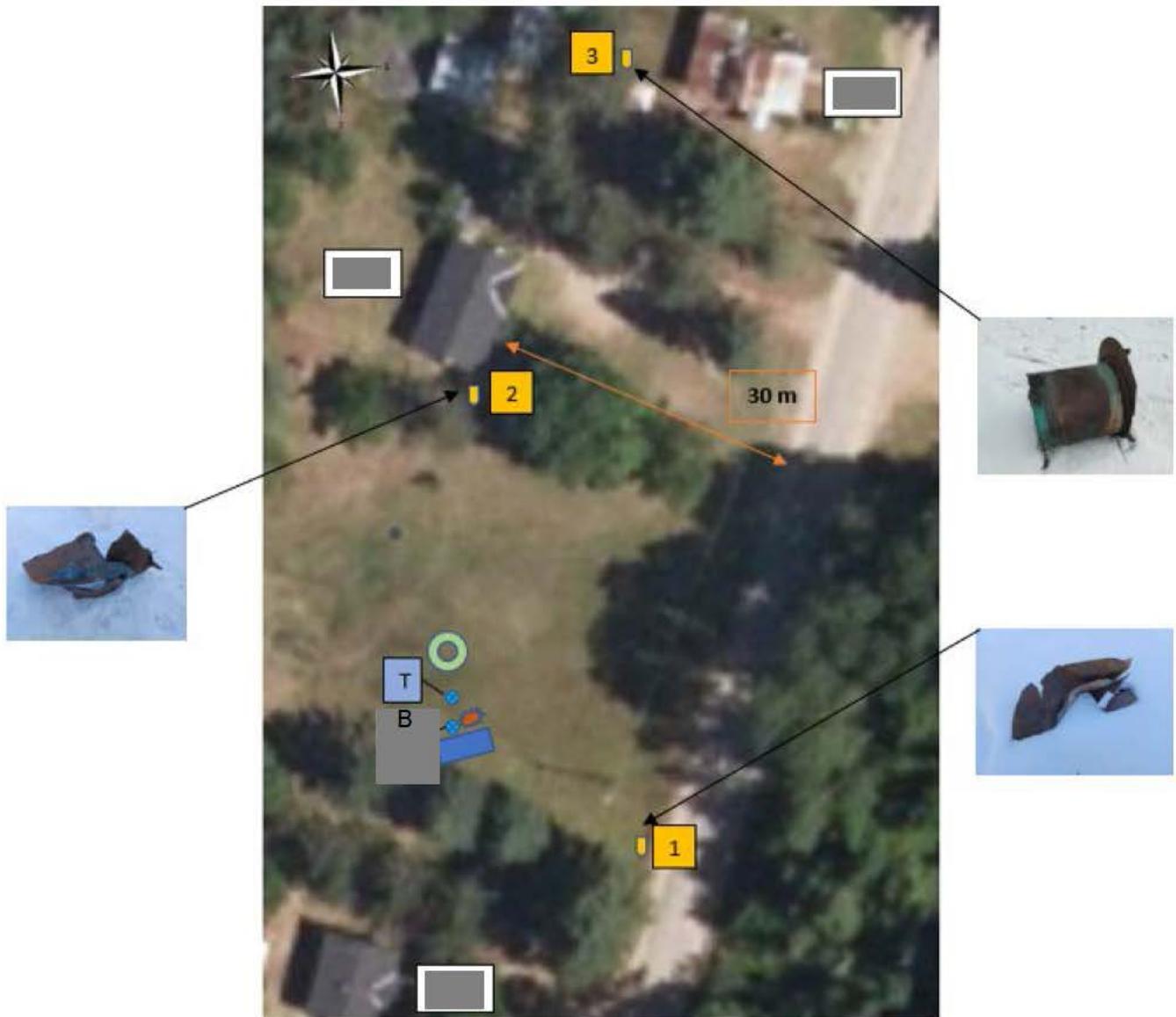
4.2.1 L'accidenté

[Redacted text block]



4.2.2 Constats sur le lieu de l'accident

La figure suivante, représentant une vue aérienne du lieu de travail, permet d'avoir une vue d'ensemble de la scène de l'accident (réf. : Croquis de l'annexe D). Lorsque l'activité de dégel a débuté, la chaudière artisanale se trouvait à proximité du véhicule du représentant de l'employeur. Au moment de l'explosion, le travailleur se tenait à environ 3 m de la chaudière et à 7 m du puits de surface. Les trois fragments de la chaudière artisanale ont été projetés à l'extérieur du chantier. L'un se trouvait à 22 m du travailleur (1), en direction sud-est, un autre se trouvait à 30 m du travailleur (2), en direction nord, et un troisième, le plus volumineux, à 60 m de celui-ci, en direction nord également (3). Ce dernier a survolé la rangée d'arbres de la propriété avant de percuter le toit de la résidence située au [redacted] et de retomber au sol à 7 m de cet impact.



Légende

- Emplacements du travailleur T et B au moment de l'explosion (estimés)
- Puits de surface
- Véhicule de l'entreprise
- ★ Lieu initial de la chaudière artisanale et de l'explosion (estimé)
- Morceaux de la chaudière artisanale retrouvés

Fig. 7 - Vue aérienne du lieu de l'accident – Avec précisions de la CNESST

Source : GéoSûreté v.2.0

4.2.3 Le puits de surface et la conduite d'eau

Un puits de surface est une installation de captage d'eau à faible profondeur dans le sol. Son approvisionnement provient essentiellement de la nappe phréatique. Il est le fruit de l'assemblage de plusieurs anneaux de béton. Un couvercle étanche complète l'installation.

Le puits de surface, situé au [REDACTED], a été excavé il y a environ deux ans par l'entreprise. Une pompe submersible est présente dans le puits. Sa profondeur était d'environ 6,5 m et il était adéquatement approvisionné en eau au moment de sa mise en fonction.



Fig. 8 - Photographie du puits de surface
Source : CNESST

Compte tenu des difficultés récentes d'approvisionnement en eau potable rencontrées par le propriétaire, Les entreprises Christian Fortin inc. procédait à l'agrandissement de celui-ci. Lors des travaux, l'entreprise a installé un anneau de béton supplémentaire visant à approfondir le puits de surface d'environ un mètre.

La conduite d'eau, à l'origine de l'activité de dégel, reliait la résidence à la pompe submersible du puits de surface. Elle avait été déterrée pour les besoins des travaux, puis de nouveau enfouie à environ 2,5 m de profondeur. Elle avait une longueur approximative de 30 m et un diamètre intérieur de 2,5 cm (1"). Un blocage de celle-ci a été constaté lors de l'essai de remise en service de la pompe submersible en fin de journée le 22 décembre 2021.



Fig. 9 - Photographie de la conduite d'eau –
Section coupée après l'accident
Source : CNESST

4.2.4 Les équipements utilisés

4.2.3.1 Chaudière artisanale

Le Grand dictionnaire terminologique de l'Office québécois de la langue française définit une chaudière comme « un équipement sous pression muni d'une source d'énergie directe qui sert à chauffer un liquide ou à le transformer en vapeur ». Quant au Règlement sur les installations sous pression, il définit le terme « chaudière » comme un « équipement sous pression muni d'une source d'énergie directe qui sert à chauffer un liquide caloporteur ou à le transformer en vapeur ». Ces définitions correspondent à l'appareil en cause.

La chaudière impliquée dans l'accident a été conçue et fabriquée par le représentant de l'employeur, il y a une dizaine d'années. Sa nécessité est venue d'un contrat effectué pendant la fin de semaine alors qu'aucun commerce n'était ouvert pour la location d'un tel appareil. Depuis, le représentant de l'employeur mentionne l'avoir utilisée environ 25 fois.

La chaudière avait une hauteur approximative de 51,5 cm et un diamètre de 40 cm. Elle était composée de deux sections principales, soudées entre elles par le représentant de l'employeur. Le dessus était fait d'une plaque d'acier, sur laquelle ont été soudés deux poignées et deux orifices, soit un connecteur fileté femelle et un conduit équipé d'un bouchon vissable servant au remplissage. La base a été conçue à l'aide d'un réservoir d'eau pressurisé métallique dont la partie supérieure a été coupée. La poche de caoutchouc, qui était située à l'intérieur, a été retirée. Un morceau d'acier a également été soudé au fond du réservoir pour fermer l'ouverture présente initialement à cet endroit. Il n'y avait aucun dispositif de sûreté servant d'exutoire à la vapeur (soupape ou valve) en cas de surpression. Le représentant de l'employeur a indiqué que l'installation d'un tel dispositif aurait nui au fonctionnement de la chaudière puisque la vapeur serait sortie par cette valve au lieu d'être acheminée dans le tuyau de vapeur.

En fonction des mesures prises, nous estimons la capacité de la chaudière à 64 litres (l). Une quantité de 18 l d'eau aurait initialement été versée dans l'appareil pour générer de la vapeur. Sa surface de chauffe (fond de la chaudière) est de 0,125 m². La surface de chauffe mouillée (constituée du fond et des parois verticales internes de la chaudière) est estimée à 0,74 m². La « basse pression » étant définie au *Règlement sur les installations sous pression* comme « une pression au manomètre de 103 kPa (15 Psi) et moins pour la vapeur et les gaz », il a été déterminé que, lors d'un fonctionnement normal, la pression de la chaudière artisanale se situait à moins de 103 kPa puisque la vapeur produite était relâchée directement dans l'atmosphère en circuit ouvert (la pression atmosphérique est de 101 kPa).



Fig. 10 - Photographie de la chaudière artisanale – vue de l'extérieur
Source : CNESST

L'ensemble des fragments de la chaudière artisanale, projetés lors de l'explosion, a été retrouvé. À l'examen, nous avons constaté la présence de corrosion sur les faces internes et de décoloration sur les faces externes. Également, nous avons observé deux lignes de fracture : l'une se situant à la hauteur d'un ourlet de soudure initialement présent sur le réservoir d'eau pressurisé, et l'autre, autour du morceau d'acier soudé pour colmater l'ouverture qui se trouvait au fond de la chaudière.



Fig. 11 - Photographie de la chaudière artisanale – orifices vus de l'intérieur
Source : CNESST



Fig. 12 - Photographie de la chaudière artisanale – ouverture fermée à la base
Source : CNESST

Précisions concernant le réservoir d'eau pressurisé

Tel que mentionné ci-haut, un réservoir d'eau pressurisé constituait la section principale de la chaudière artisanale. L'utilité d'un tel réservoir est de maintenir la pression d'eau dans un système de distribution d'eau résidentiel lorsque la pompe de puits n'est pas en fonction. Il se trouve habituellement dans les résidences qui sont alimentées en eau courante par un puits artésien ou de surface. Il peut être en métal, en plastique ou en fibre de verre.



Fig. 13 - Photographie d'un réservoir d'eau pressurisé
Source : CNESST

Dans sa fonction d'origine, cet équipement n'est pas conçu pour être chauffé. De plus, l'intérieur du réservoir n'est jamais en contact avec de l'eau puisque c'est une poche de caoutchouc qui emmagasine l'eau pompée du puits. Entre le quart et le tiers du volume du réservoir est occupé par l'eau sous pression. À titre indicatif, selon les spécifications d'au moins deux fabricateurs, la pression maximale d'opération se situe à 689 kPa (100 Psi) et la température ambiante maximale est de 52 °C.

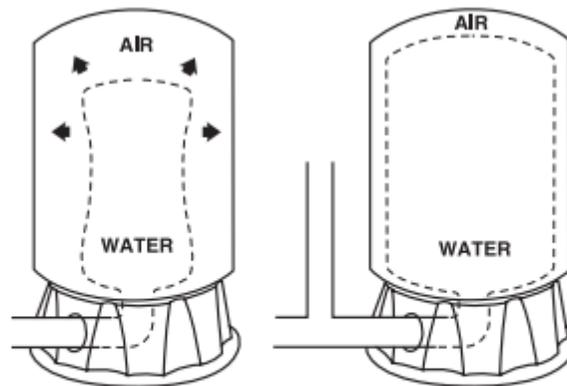


Fig. 14 - Image illustrant le fonctionnement d'un réservoir d'eau pressurisé
Source : Manuel du fabricant Pentair Pro-Source

4.2.3.2 Tuyau de vapeur et connecteur

Les composants décrits dans cette partie sont considérés comme des accessoires de la chaudière artisanale au sens du *Règlement sur les installations sous pression*. En effet, ce règlement définit un accessoire comme « *un élément relié à une installation sous pression ou en faisant partie notamment un raccord, une soupape, un robinet, un indicateur de niveau d'eau, un manomètre, un injecteur, un dispositif de réglage ou de contrôle* ».

Le tuyau flexible de marque Ryco, utilisé pour le transport de la vapeur, était neuf. Il avait une longueur d'environ 15 m. La fiche technique, applicable à ce tuyau, nous apprend qu'il était composé d'un tube interne de caoutchouc synthétique, sans jointure, d'épaisseur uniforme et renforcé par deux tresses d'acier. Le revêtement externe était constitué de caoutchouc synthétique anti-abrasif, résistant aux huiles, carburants et agents atmosphériques. Sa résistance à une pression d'éclatement était de 1 320 kPa (191 Psi) et les températures, auxquelles il pouvait être soumis, variaient entre - 40 °C et 100 °C. Le diamètre interne du tuyau était de 9,5 mm (3/8 pouce).



Fig. 15 et 16 - Photographies du tuyau de vapeur utilisé

Source : CNESST



Fig. 17 - Photographie du tuyau de vapeur inséré dans la conduite d'eau
Source : CNESST

Le connecteur fileté, présent pour relier le tuyau de vapeur à la chaudière artisanale, était de marque *Gates*. Il se composait de deux sections qui s'emboîtent l'une dans l'autre. Une fois assemblé, il a une longueur de 64,3 mm.



Fig. 18 - Photographie du connecteur
Source : CNESST



Fig. 19 - Image du connecteur en deux sections
Source : Site Internet de l'entreprise Pzffalo

Le diamètre intérieur, au niveau du filetage de raccordement à la chaudière artisanale, était de 9,5 mm (3/8 pouce). La pression maximale à laquelle il pouvait être soumis était de 27 579 kPa (4 000 Psi).

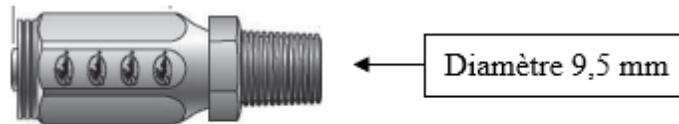


Fig. 20 - Image du connecteur assemblé
Source : Site Internet de l'entreprise KSC direct



Fig. 21 - Photographie du raccordement à la chaudière artisanale
Source : CNESST

4.2.3.3 Torche et bonbonne de propane

La bonbonne de propane, utilisée pour la chauffe, avait une capacité de 9 kg (20 livres). La torche était munie d'un contrôle de débit. Ce type d'outil produit une flamme d'une température d'environ 1 650 °C lorsqu'il fonctionne normalement. Le boyau flexible, reliant la torche à la bonbonne de propane, avait une longueur de 3 m.



Fig. 22 - Photographie de la torche et de la bonbonne de propane

Source : CNESST

4.2.5 La méthode de travail utilisée pour dégeler la conduite d'eau et règles de l'art associées

La purge de la conduite d'eau, reliant la pompe submersible à la résidence, a été inefficace puisqu'un blocage est survenu lors de la remise en fonction du système de pompage. Pour éliminer le problème, le représentant de l'employeur a décidé d'utiliser sa chaudière, de fabrication artisanale, pour générer de la vapeur.

Le dégel de tuyau à la vapeur est une méthode qui consiste à introduire un tuyau flexible, de plus petit diamètre que la conduite à dégeler, et à y injecter de la vapeur. La principale source d'énergie, utilisée pour faire fonctionner un appareil générant la vapeur de dimension similaire à celle de l'entreprise, est le propane. Le dégel des tuyaux ne fait pas partie des services offerts par l'entreprise, sauf en cas d'urgence.

La longueur du tuyau de vapeur apporté par le représentant de l'employeur ne permettant pas d'atteindre le bouchon de glace depuis l'intérieur de la résidence, celui-ci a pris la décision de procéder par l'extérieur, en introduisant le tuyau de vapeur dans l'extrémité de la conduite d'eau située dans le puits de surface. La chaudière artisanale a donc été installée à proximité du véhicule du propriétaire et les accessoires, à savoir le tuyau de vapeur et son connecteur, ont été branchés.

Au début des travaux de dégel, la chauffe de la chaudière artisanale était faite en plaçant l'extrémité de la torche sous le réservoir, en passant par une ouverture située dans le support de la base. Quand le représentant de l'employeur a constaté une légère vapeur qui sortait du tuyau de vapeur, il l'a inséré dans la conduite d'eau. Après un temps, la méthode utilisée ne donnait aucun résultat. En manipulant la torche, il a observé que la flamme était faible, ce qu'il a présumé être en lien avec la température extérieure froide. Devant ce fait, il a décidé d'appliquer une deuxième source de chaleur dans le processus de chauffe de la chaudière artisanale. Avec l'aide du travailleur, il a allumé un feu de bois sous la chaudière artisanale. Le représentant de l'employeur n'avait pas prévu l'utilisation d'un feu de bois dans sa méthode

de chauffe initiale. Pendant le temps nécessaire à la préparation du feu de bois, la chauffe de la chaudière artisanale a été complètement arrêtée. Le tuyau de vapeur est resté connecté à la conduite d'eau et il reposait, en entier, sur le sol gelé.

À la reprise de la chauffe avec les deux sources d'énergie, aucune méthode n'a été appliquée pour valider si de la vapeur sortait effectivement à l'extrémité du tuyau de vapeur. Normalement, selon les dires du représentant de l'employeur, le dégel d'une conduite d'eau prend environ une demi-heure. Au bout d'un moment, sans avancée notable dans le dégel de la conduite d'eau, le représentant de l'employeur a touché le tuyau de vapeur et il a constaté qu'il était chaud à proximité du branchement à la chaudière artisanale, puis devenait froid plus loin. Il a soupçonné que le tuyau de vapeur était bloqué par de la glace. La chauffe de la chaudière artisanale s'est tout de même poursuivie.

Selon les propos recueillis auprès du représentant de l'employeur, le travailleur lui aurait proposé de s'occuper de la chauffe de la chaudière artisanale mais il a refusé. Il nous a indiqué avoir pris cette décision parce qu'il considérait que l'activité était dangereuse. Il a demandé au travailleur de se tenir à distance pour la même raison.

Règles de l'art applicables au dégel des tuyaux à la vapeur

Le document « Dégel des tuyaux », produit par l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur « affaires municipales », énonce des règles de sécurité qui devraient être respectées lors de tels travaux. Il est, entre autres, question de :

- Bien planifier les travaux.
- Utiliser une machine conçue spécialement pour cet usage, ainsi que les accessoires compatibles recommandés et suivre les instructions du fabricant.
- Élaborer les procédures sécuritaires de travail.
- S'assurer que les procédures et consignes de sécurité sont respectées.
- Prévoir le matériel requis en bon état et veiller à faire effectuer son entretien préventif.

Des écrits provenant de fabricants d'appareils servant au dégel des tuyaux mentionnent également certaines règles de sécurité. Il y est question, entre autres, d'un dégagement minimal d'environ 2 m qui devrait être respectée lors de l'opération de l'appareil, mais aussi de l'importance de valider, en tout temps, que le tuyau de transport de la vapeur n'est pas obstrué par de la glace. Pour ce faire, il faut s'assurer, au démarrage de l'opération de dégel, de voir la vapeur sortir du tuyau de transport avant de l'insérer dans toute conduite à dégeler. De même, en cours d'opération, il faut également demeurer attentif au fonctionnement de l'appareil. Advenant qu'un dysfonctionnement soit observé, il faut arrêter immédiatement l'activité.

4.2.6 Les appareils à dégeler les tuyaux manufacturés et autres appareils générant de la vapeur

Il est possible d'identifier deux catégories d'appareils manufacturés servant à dégeler les tuyaux à la vapeur. Ceux-ci peuvent être classifiés sur la base de la pression générée lors de l'utilisation. La pression d'opération correspond à la pression à laquelle la chaudière va produire la vapeur. La pression de conception est la pression maximum utilisée dans la conception de la chaudière afin de calculer l'épaisseur minimale requise pour les matériaux et les caractéristiques physiques des pièces qui équiperont la chaudière.

Les appareils générant de la vapeur de type industriel fonctionnent avec une pression d'opération supérieure à 103 kPa (15 Psi), se situant fréquemment entre 345 kPa et 552 kPa (50 Psi et 80 Psi). La vapeur produite est stockée en circuit fermé avant d'être libérée en fonction des besoins de l'utilisateur. Ils fonctionnent de manière automatique. Ils sont tous équipés de dispositifs de contrôle de la pression, du débit vapeur et de la température ainsi que de dispositifs de sûreté en cas de surpression. Les caractéristiques de ce type d'appareils sont notamment encadrées par le *Règlement sur les installations sous pression*.



Fig. 23 - Image d'un générateur de vapeur de type industriel

Source : www.alkota.com

L'autre catégorie regroupe des appareils à circuit ouvert à l'atmosphère dont la pression de fonctionnement se situe sous 103 kPa (15 Psi). Malgré la basse pression d'opération, les différents manuels ou sites Internet de fabricants consultés mentionnent tous la présence d'un dispositif de sûreté servant à évacuer la vapeur en cas de pression excessive dans l'appareil. Également, un branchement pour la torche de propane est intégré à l'appareil, ce qui permet de limiter l'énergie qui lui est transmise.



Fig. 24 - Image d'un appareil à dégeler les tuyaux à la vapeur commercialisé – Avec précision de la CNESST
Source : www.loupro.ca



Fig. 25 - Image d'un appareil à dégeler les tuyaux à la vapeur en fonctionnement – Avec précisions de la CNESST
Source : www.equipementsbrossard.com

Il est également possible de noter que d'autres appareils domestiques générant de la vapeur, telle une décolleuse, ont une pression d'opération de 103 kPa (15 Psi) ou moins. Les manuels de fabricant consultés indiquent qu'ils sont tout de même munis de dispositifs de contrôle en cas de surchauffe ou de surpression.

Les manufacturiers d'appareils générant de la vapeur et dont la pression de fonctionnement se situe sous 103 kPa (15 Psi), ont procédé à une analyse de risques, et ce, sans nécessairement qu'une réglementation s'applique directement à leurs appareils. Cette analyse de risques leur a permis de déterminer qu'un dispositif de sûreté s'avérait tout de même nécessaire pour assurer, en tout temps, la sécurité de l'utilisateur.

4.2.7 Le fonctionnement d'une bonbonne de gaz liquéfié

Le débit d'une bonbonne de gaz peut être influencé par différents éléments, que ce soit le temps de fonctionnement, le volume restant de gaz, la taille du récipient, le type de gaz ou encore la température extérieure.

En ce qui concerne la température extérieure, elle joue un rôle majeur car pour que le gaz liquéfié se vaporise dans la bonbonne, il est nécessaire qu'il y ait un échange thermique au niveau des « parois mouillées » de la bonbonne de gaz. Cet échange thermique devient de moins en moins efficace au fur et à mesure que la température extérieure baisse.

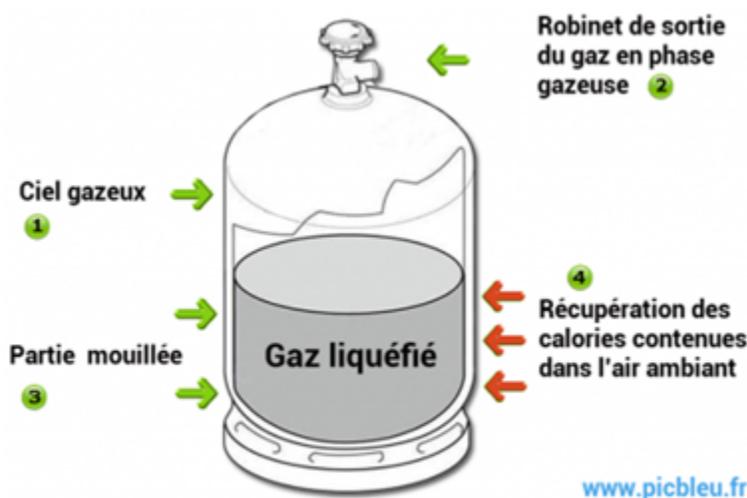


Fig. 26 : Image illustrant le fonctionnement d'une bonbonne de gaz liquéfié

Source : www.picbleu.fr

En raison de ses caractéristiques physico-chimiques, le gaz propane liquéfié peut se vaporiser, en théorie, jusqu'à une température de $-44\text{ }^{\circ}\text{C}$, ce qui permet son utilisation en condition hivernale. Malgré cette caractéristique, si l'utilisateur d'une bonbonne de propane constate qu'elle commence à fonctionner par intermittence, il doit vérifier sa surface. La création de givre sur celle-ci lui signalera un échange thermique problématique faisant en sorte que le gaz liquéfié s'évapore difficilement, voire plus du tout.

Pour corriger la situation, il faut travailler sur les conditions de température auxquelles la bonbonne de gaz est soumise afin d'éviter qu'elle ne cesse de fonctionner complètement. Pour assurer le bon fonctionnement à basse température, la documentation consultée fait état de quelques options :

- Déplacer la bonbonne de gaz afin de la mettre à l'abri des températures basses. Après un moment, le givre présent sur la surface disparaîtra progressivement et les conditions nécessaires pour convertir le gaz liquéfié en un état de vapeur se formeront à nouveau à l'intérieur de la bonbonne.
- Isoler la bonbonne avec des matériaux qui empêchent la pénétration du froid, bien que cette méthode convienne davantage aux légers changements de température dans l'environnement.

- Installer un appareil de chauffage à proximité. Un radiateur électrique, par exemple, est capable non seulement de chauffer une bonbonne de gaz, mais également de maintenir une température constante.

4.2.8 Lois, réglementation et normes applicables

Au niveau de la réglementation applicable, la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) prévoit, à l'article **51**, que *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 :

3° s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur.

5° utiliser les méthodes et technique 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.

Plus spécifiquement pour ce qui touche les chantiers de construction, le *Code de sécurité pour les travaux de construction* (CSTC) précise, à l'article **2.4.2**, que l'employeur doit s'assurer que :

a) toutes les mesures nécessaires sont prises pour assurer la sécurité du public et des travailleurs;

Et, de manière plus ciblée, pour les appareils qui fournissent de la vapeur sur un chantier de construction, l'article **3.12.1** du CSTC mentionne aussi que :

3.12.1. L'alimentation en vapeur doit être assurée au moyen d'appareils dont l'installation et le fonctionnement ne présentent aucun danger.

En ce qui concerne la conception de la chaudière artisanale, il est utile de se référer à la *Loi sur les ingénieurs* puisque celle-ci précise, aux articles **1.1**, **2** et **3**, ce que couvrent « le champ de pratique » et « les activités réservées » d'un ingénieur. En synthèse, l'exercice de l'ingénierie consiste, notamment, à exercer une activité à caractère scientifique d'analyse et de conception appliquée aux procédés et aux systèmes qui échangent, transforment, transportent ou emmagasinent de l'énergie, dans le but d'offrir un milieu fiable, sécuritaire et durable. En ce sens, l'ingénieur détermine les concepts, les paramètres, les équations ou les modèles qui, à partir de modèles issus de principes d'ingénierie, permettent d'anticiper le comportement des structures, des matériaux, des procédés ou des systèmes. L'annexe C donne plus de détails en ce qui concerne la *Loi sur les ingénieurs* et les articles précités.

Nous avons consulté la pyramide réglementaire se rapportant aux appareils sous pression (réf. : annexe C). Cette réglementation définit, notamment, les exigences applicables en termes de conception, de fabrication, d'installation, de réparation et d'inspection en service pour les équipements sous pression. Bien que la définition d'une chaudière corresponde à l'appareil artisanal utilisé lors de l'activité de dégel, ses caractéristiques font en sorte qu'il est exempté du *Règlement sur les installations sous pression* et du « Code sur les chaudières, les appareils et les tuyauteries sous pression ». En effet, la surface de chauffe, ou encore la surface de chauffe mouillée de la chaudière artisanale, sont toutes deux inférieures à 1 m². De même, au niveau de la pression vapeur, le fonctionnement normal de la chaudière artisanale est

caractérisé par une production de vapeur relâchée directement dans l'atmosphère en circuit ouvert, à basse pression, soit inférieure à 103 kPa (15 Psi).

Il est tout de même pertinent de noter qu'au moins une des normes analysées émet une recommandation à l'égard d'une chaudière qui serait non assujettie aux dispositions contenues dans celle-ci. La norme CSA Z21.13/4.9 intitulée Gas-fired low pressure steam and hot water boilers, indique :

4.1 General Construction

4.1.1

The construction of a boiler, whether specifically covered in this standard or not, shall be in accordance with reasonable concepts of safety, substantiality and durability.

En ce sens, toute la réglementation analysée traite de l'exigence d'inclure des dispositifs de sûreté tels que ceux réglés pour s'ouvrir à une pression égale ou inférieure à la pression maximale de service autorisée afin d'éviter une surpression, ou encore des dispositifs de contrôle tels que ceux permettant de contrôler la température pour éviter une surchauffe. Malgré sa non-applicabilité à la chaudière artisanale impliquée dans l'accident, l'ensemble de la réglementation consultée constitue néanmoins un référentiel précieux permettant de retenir, dans le cadre d'une analyse de risques, certaines dispositions permettant de satisfaire à l'exigence de garantir le fonctionnement sécuritaire d'une chaudière.

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 Le travailleur se trouve dans la trajectoire d'un morceau de métal provenant de l'explosion de la chaudière artisanale.

En raison d'un problème d'approvisionnement en eau potable d'une résidence, Les entreprises Christian Fortin inc., représentées par **B** et le travailleur, ont entrepris des travaux d'agrandissement d'un puits de surface. Le travailleur assistait **B** dans les diverses tâches à réaliser. Au soir du deuxième jour, le 22 décembre 2021, lors du branchement du système de pompage, un dysfonctionnement a été constaté. La température ayant été sous zéro durant toute la journée, le représentant de l'employeur a suspecté que le problème puisse provenir de la formation d'un bouchon de glace dans la conduite d'eau, possiblement mal purgée au démarrage des travaux. Compte tenu de l'heure tardive, des travaux de dégel de la conduite d'eau ont été planifiés pour le lendemain matin.

Le matin du 23 décembre 2021, par une température de -18,6 °C, le travailleur se présente sur les lieux pour aider le représentant de l'employeur dans l'activité de dégel. Pour procéder, une chaudière artisanale est utilisée. À l'aide d'une torche, alimentée par une bonbonne de propane, le représentant de l'employeur procède à la chauffe de la chaudière artisanale afin que l'eau qu'elle contient se transforme progressivement en vapeur et circule dans le tuyau de vapeur jusqu'à l'intérieur de la conduite d'eau. À un moment, la chauffe de la chaudière artisanale est arrêtée complètement car le propriétaire constate un problème au niveau de l'efficacité de la chauffe. La vapeur accumulée dans le tuyau de vapeur demeure emprisonnée après l'arrêt de la chauffe. De plus, le tuyau de vapeur reste au contact du sol gelé.

Avec l'aide du travailleur, le représentant de l'employeur modifie la méthode de chauffe de la chaudière artisanale en ajoutant une deuxième source d'énergie. Conscient d'un éventuel danger associé au fonctionnement de la chaudière, il demande au travailleur de s'éloigner. Aussi, c'est le représentant de l'employeur qui se positionne tout près pour tenir la torche et alimenter le feu de bois. Le travailleur,

quant à lui, est resté à 3 m environ, en cas de besoin. L'explosion de la chaudière artisanale a entraîné sa rupture en trois fragments principaux qui ont été projetés dans trois directions différentes, dans un rayon de 60 m. Le travailleur s'est retrouvé directement dans la trajectoire de l'un de ces fragments.

Considérant la séquence de travail qui a entraîné un arrêt de la chauffe de la chaudière artisanale, combinée à l'impossibilité pour la vapeur présente dans le tuyau de vapeur d'être évacuée, et aux températures extérieures enregistrées au matin de l'accident, l'hypothèse la plus probable est que la vapeur piégée dans le tuyau de vapeur a fini par former un bouchon de glace, par condensation et solidification. Ce blocage a empêché la vapeur de circuler librement dans le tuyau lors de la reprise de la chauffe. La vapeur s'est ainsi accumulée rapidement dans la chaudière artisanale, générant une pression excédent la capacité de l'appareil, ce qui a conduit à son explosion alors que le travailleur était à proximité pour effectuer son travail.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La conception et la fabrication de la chaudière artisanale sont déficientes en ce sens qu'elle était sujette au danger d'explosion.

La chaudière, impliquée dans l'accident, a été conçue et fabriquée par le représentant de l'employeur. Les composantes choisies pour la fabrication proviennent de matériaux récupérés à son établissement. Le représentant de l'employeur a construit la chaudière artisanale en s'inspirant d'appareils manufacturés déjà loués pour effectuer un travail similaire. Il a utilisé une plaque d'acier et un réservoir d'eau pressuré coupé pour constituer le corps principal de la chaudière. Puis, il a ajouté d'autres éléments, tels le connecteur fileté et l'orifice de remplissage équipé d'un bouchon vissable, pour compléter l'appareil.

L'ensemble de la documentation consultée et analysée permet d'affirmer que cet appareil était non sécuritaire. Plusieurs éléments mènent à ce constat. En premier lieu, un réservoir d'eau pressuré n'est pas conçu pour être en contact direct avec une source de chaleur de l'intensité d'une torche alimentée au propane. Il n'est pas, non plus, conçu pour que de l'eau bouillante entre en contact direct avec ses parois. Dans sa fonction d'origine, un tel réservoir est plutôt prévu pour être soumis à une pression maximale d'opération de 689 kPa (100 Psi) et à une température ambiante maximale de 52 °C. Le représentant de l'employeur avait donc prévu que la chaudière artisanale soit chauffée à l'aide d'une torche au propane, alors que la chaleur générée par ce moyen est largement supérieure à 52 °C. Les traces de corrosion observées à l'intérieur de la chaudière et les traces extérieures, montrant qu'il a été soumis à des sources de chaleur intenses, à répétition, ont eu pour effet d'affaiblir la structure métallique qui n'était pas destinée à être utilisée dans de telles conditions.

En second lieu, c'est le représentant de l'employeur lui-même qui a réalisé toutes les soudures nécessaires pour relier les éléments constitutifs de la chaudière artisanale. Selon ses propos, ses compétences en la matière ont été acquises au fil des années, et non par le biais d'une formation reconnue. Or, bien qu'une certification en soudage ne soit pas obligatoire puisque la chaudière artisanale n'est pas considérée comme un appareil sous pression selon la réglementation, un soudeur doit, quand les procédures de travail ne sont pas prédéterminées, prendre des décisions quant au choix du procédé, de l'équipement, des produits consommables (gaz, fils-électrodes) et des paramètres de soudage. Pour cela, le soudeur se base sur un ensemble de facteurs tel que le métal de base, les spécifications exigées et le rendement recherché. Les informations recueillies nous permettent de conclure que le représentant de l'employeur ne maîtrisait pas l'ensemble de ces aspects.

Troisièmement, la chaudière artisanale n'était pas munie de dispositifs de sûreté ou de dispositifs de contrôle, que ce soit pour évacuer la vapeur en cas de surpression, ou encore pour contrôler la température interne issue de la chauffe. Concernant la mise en place d'un dispositif de sûreté, le représentant de l'employeur a expliqué qu'il n'avait pas mis de soupape de sûreté car, selon lui, la vapeur générée lors de la chauffe se serait dissipée par cette ouverture au lieu de se diriger vers le tuyau de vapeur qui était branché à l'appareil. Quant au contrôle de la température induite par la chauffe de la chaudière artisanale, sa conception ne l'avait pas prévu. La consultation de multiples manuels de fabricants d'appareils générant de la vapeur nous a permis d'établir que l'ensemble des appareils manufacturés, fonctionnant à basse pression, incluant ceux dont la fonction est identique à la chaudière artisanale, sont équipés d'un dispositif de sûreté permettant d'éviter une surpression. Et, plus la pression emmagasinée dans ces appareils peut devenir importante, plus ceux-ci sont pourvus de dispositifs de contrôle, tels que ceux visant à limiter la pression et la température.

Enfin, le choix des matériaux utilisé pour la conception, son procédé de fabrication et l'absence de dispositifs de sûreté ou de contrôle intégrés à la chaudière artisanale nous amènent à aborder le fait qu'il existe des lois, des règlements et des normes qui encadrent la conception d'un tel appareil. La *Loi sur les ingénieurs* établit les activités réservées à ce titre professionnel. L'analyse et la conception de procédés et de systèmes qui transforment, transportent ou emmagasinent de l'énergie tombent sous le champ de pratique de l'ingénieur. La chaudière artisanale impliquée dans cet accident correspond à un tel procédé puisque l'eau chauffée se transformait en vapeur dans la chaudière pour être ensuite transportée, via le tuyau de vapeur, vers la conduite d'eau. Dans le but d'assurer un milieu sécuritaire, l'implication d'un ingénieur dans la conception aurait permis, entre autres, d'anticiper le comportement de la structure de la chaudière artisanale en situation de surpression, de sélectionner des matériaux en fonction des conditions d'utilisation de la chaudière et d'inclure dans la conception des dispositifs palliant une possible défaillance dans son fonctionnement.

En somme, le fait que les matériaux utilisés dans la conception de la chaudière artisanale n'étaient pas prévus pour cette utilisation, que la fabrication a impliqué une activité de soudage sur des matériaux dont les caractéristiques étaient inconnues et qu'aucun dispositif de contrôle ou de sûreté n'a été inclus pour pallier un possible dysfonctionnement dans le procédé de chauffe, a rendu la chaudière artisanale dangereuse. Le représentant de l'employeur n'avait pas les connaissances nécessaires lui permettant d'analyser et de concevoir un tel appareil ainsi que d'anticiper son comportement face à une surpression occasionnée par une obstruction de l'une de ses composantes, surpression qui a conduit à l'explosion de la structure. Le représentant de l'employeur n'a donc pas respecté son obligation prévue à l'article 51.7 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST)* de « *fournir un matériel sécuritaire et d'assurer son maintien en bon état* ».

Cette cause est retenue.

4.3.3 La méthode de travail associée à l'utilisation de la chaudière artisanale est déficiente parce qu'elle favorise une augmentation excessive de la pression dans la chaudière artisanale.

L'utilisation de la chaudière artisanale a pour origine un problème rencontré lors de la remise en fonction du système de pompage du puits de surface. N'ayant établi aucun moyen pour s'assurer que la purge de la conduite d'eau avait été faite efficacement, en début de travaux et après la tentative de remise en

fonction du système de pompage, de l'eau est demeurée emprisonnée dans la conduite d'eau et les températures extérieures enregistrées ont produit un blocage par la formation d'un bouchon de glace.

Un déblocage de la conduite d'eau a donc été nécessaire pour compléter les travaux. Le matin du 23 décembre 2021, le représentant de l'employeur amène sur les lieux une chaudière artisanale. Celle-ci devait être chauffée à l'aide d'une torche alimentée au propane. Un tuyau flexible, servant à acheminer la vapeur à l'intérieur de la conduite d'eau, était connecté à la chaudière. Le représentant de l'employeur avait prévu de procéder à partir de l'intérieur de la résidence, mais le tuyau apporté n'était pas assez long pour couvrir la distance entre la résidence et le puits de surface. N'ayant pas de tuyau plus long, il a fait le choix de procéder par l'extérieur alors que la température extérieure était de -18°C .

En cours d'activité de dégel, le représentant de l'employeur note que la torche ne maintient pas la puissance voulue et que la chauffe de la chaudière se fait difficilement. Bien que le propane soit un gaz qui résiste assez efficacement au froid, la température extérieure enregistrée ce matin-là a fait en sorte que l'échange thermique entre la bonbonne de gaz et l'extérieur a été affecté, d'où la difficulté de maintenir une flamme constante. Normalement, pour corriger la situation, la documentation consultée mentionne qu'il faut travailler sur les conditions de température auxquelles la bonbonne de gaz est soumise afin d'éviter qu'elle ne cesse de fonctionner complètement, ce que le représentant de l'employeur a tenté de faire en plaçant la bonbonne de propane dans son véhicule, sans succès. Une planification efficace des travaux de dégel de la conduite d'eau aurait impliqué de consulter les prévisions météorologiques pour s'assurer, entre autres, que le fonctionnement de la chauffe ne serait pas affecté et prévoir des alternatives sécuritaires, au besoin. Cela aurait répondu à l'obligation de l'employeur, prévue à l'article 51.3 de la LSST, de « *s'assurer que l'organisation du travail et les méthodes et techniques utilisées pour l'accomplir sont sécuritaires et ne portent pas atteinte à la santé du travailleur.* »

Pour résoudre le problème, le représentant de l'employeur arrête complètement la chauffe de la chaudière pour modifier sa façon de faire. Pendant cet arrêt, le tuyau de vapeur, fait de caoutchouc renforcé, reste à même le sol gelé, connecté à la chaudière d'un côté, et inséré dans la conduite d'eau de l'autre. Sous l'effet du froid extrême, la vapeur accumulée dans le tuyau condense puis gèle très rapidement, provoquant la formation d'un bouchon de glace dans celui-ci. Pour augmenter la chaleur diffusée à la chaudière, et ainsi augmenter le débit de vapeur dans la conduite d'eau, un feu de bois est ajouté sous la chaudière. Le représentant de l'employeur reprend ainsi la chauffe avec ces deux sources d'énergie combinées. Toutefois, le tuyau de vapeur se trouvant toujours dans la conduite d'eau, le représentant de l'employeur n'a pas vérifié que la circulation de la vapeur se faisait adéquatement sur toute la longueur du tuyau. Les règles de l'art applicables à l'activité de dégel prévoient qu'il faut toujours contrôler le fonctionnement adéquat de l'appareil en s'assurant, entre autres, que la vapeur circule librement sur toute la longueur du tuyau de vapeur. Ce contrôle peut être fait, par exemple, en changeant le tuyau de vapeur utilisé pour éliminer tout blocage et en visualisant une production continue de vapeur à la sortie du tuyau avant de l'insérer dans la conduite à dégeler. Alors, bien que la fonction d'un tel appareil soit étroitement liée à la température extérieure, la création d'un bouchon de glace dans le tuyau de vapeur nous porte à affirmer que la méthode de travail ne prévoyait rien de précis lorsque les températures extérieures étaient aussi basses que le jour de l'accident.

Malgré la chauffe de la chaudière au moyen des deux sources de chaleur, le déblocage de la conduite d'eau ne s'est pas produit. À un moment, le représentant de l'employeur a vérifié l'efficacité du tuyau de vapeur en le touchant. Bien qu'il ait constaté qu'il était chaud près de la connexion à la chaudière

artisanale, puis froid plus loin, il a poursuivi la chauffe. Le fait que le tuyau de vapeur ne soit pas chaud sur toute sa longueur indiquait un problème de circulation de la vapeur dans celui-ci. Les bonnes pratiques commandaient l'arrêt immédiat de la chauffe afin d'éviter une surpression dangereuse à l'intérieur de la chaudière.

Enfin, l'opération de la chaudière artisanale nécessitait de se trouver à proximité puisque la torche de propane devait être tenue en main et que le feu de bois sous la chaudière devait être alimenté. Les appareils industriels, fabriqués pour effectuer la même tâche, sont conçus de façon que personne ne soit dans l'obligation de demeurer à proximité pour assurer son fonctionnement. Un branchement pour la torche de propane est, entre autres, prévu.

En somme, l'absence de planification préalable des travaux en tenant compte des conditions météorologiques a fait en sorte que la chauffe de la chaudière artisanale a dû être arrêtée pour être modifiée. Cet arrêt non planifié a entraîné la formation d'un bouchon de glace dans le tuyau de vapeur qui n'a pas été détecté puisqu'aucune méthode n'était prévue à cette fin. L'ajout d'une seconde source d'énergie, combiné à l'obstruction du tuyau de vapeur, a provoqué une surpression dans la chaudière alors que le représentant de l'employeur et le travailleur se trouvaient tout près pour assurer son fonctionnement. L'ensemble des faits énumérés nous porte à affirmer que la méthode de travail associée à l'utilisation de la chaudière artisanale était déficiente, ce qui contrevient de l'article 51.5 de la LSST qui précise que l'employeur doit « *utiliser les méthodes et technique visant à identifier, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité du travailleur* ».

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

Au terme de cette enquête, trois causes sont retenues pour expliquer cet accident :

- Le travailleur se trouve dans la trajectoire d'un morceau de métal provenant de l'explosion de la chaudière artisanale.
- La conception et la fabrication de la chaudière artisanale sont déficientes en ce sens qu'elle était sujette au danger d'explosion.
- La méthode de travail associée à l'utilisation de la chaudière artisanale est déficiente parce qu'elle favorise une augmentation excessive de la pression dans la chaudière artisanale.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 23 décembre 2021, dans le rapport d'intervention RAP1371969, la CNESST interdit tout travail de dégel d'une conduite d'eau d'un puits de surface à l'aide d'une chaudière artisanale a été rendue pour le chantier résidentiel situé au [REDACTED] dans la municipalité de Blue Sea. ^A [REDACTED] ayant pris en charge les travaux visant à dégeler la conduite d'eau, l'interdiction est levée le 28 janvier 2022 dans le rapport d'intervention RAP1374132.

5.3 Suivis de l'enquête

La CNESST transmettra le rapport d'enquête à la Régie du bâtiment du Québec (RBQ), en sa qualité de représentante du pouvoir juridictionnel de la province de Québec pour l'application de la réglementation relative aux installations sous pression et aux équipements sous pression, afin d'alimenter la réflexion sur la réglementation applicable aux installations et équipements sous pression.

À titre préventif et aux fins d'informations, la CNESST transmettra son rapport d'enquête à la Corporation des maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec (CMMTQ), ainsi qu'à l'Association des entrepreneurs en forage du Québec (AEFQ) afin qu'ils sensibilisent leurs membres sur les dangers liés à l'utilisation de vapeur sous pression.

Par ailleurs, dans le cadre de son partenariat avec la CNESST visant l'intégration de la santé et de la sécurité au travail dans la formation professionnelle et technique, le ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche diffusera, à titre informatif et à des fins pédagogiques, le rapport d'enquête dans les établissements de formation qui offre les programmes de formation de tuyauteur ou soudeur en tuyauterie. L'objectif de cette démarche est d'appuyer les établissements de formation et les enseignants dans les actions pédagogiques destinées à informer leurs étudiants sur les risques auxquels ils seront exposés et des mesures de prévention qui s'y rattachent.

ANNEXE A**Accidenté**

Nom, prénom : C [REDACTED]

Sexe : [REDACTED]

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 Estheban Bégin, patrouilleur, Sûreté du Québec
Monsieur Guy Blanchette, propriétaire de l'entreprise Pompes Blanchette
Madame Eileen Bothera, représentante du fabricant Arctic Blaster
Monsieur Patrick Chauvet, technicien de scène, Sûreté du Québec
Monsieur Charles Côté, directeur adjoint, Corporation des maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec
Monsieur **D** [REDACTED]
Monsieur **B** [REDACTED], Les entreprises Christian Fortin inc.
Monsieur Blagovest Levitcharsky, ingénieur, direction des équipements sous pression, Régie du bâtiment du Québec
Mme **E** [REDACTED], Les entreprises Christian Fortin inc.
Monsieur **F** [REDACTED], Les entreprises Christian Fortin inc.
Monsieur François Harvey, sergent-détective, Sûreté du Québec
Monsieur **G** [REDACTED], Alberta Boilers Safety Association (ABSA)
Monsieur Patrick Martin, sergent-détective, Sûreté du Québec
Madame **H** [REDACTED]
Madame Viviane Lauzon, représentante vente interne, Association canadienne de normalisation (Groupe CSA)
Madame **I** [REDACTED], American Society of Mechanical Engineers (ASME)
Un représentant du distributeur d'équipements Stelem
Un représentant du distributeur d'équipements MS Gregson
Un représentant du loueur d'équipements Simplex
Un représentant du loueur d'équipements Brossard
Un représentant du loueur d'équipements Lou-Pro
Un représentant du loueur d'équipements Lou-Tec

ANNEXE C

Précisions sur une partie de la réglementation consultée

Articles d'intérêt issus de la *Loi sur les ingénieurs*

La *Loi sur les ingénieurs* précisait les points suivants, pour le champ de pratique et les actes réservés, dans la version qui était en vigueur jusqu'au 24 septembre 2020 :

Article 2

Les travaux de la nature de ceux ci-après décrits constituent le champ de la pratique de l'ingénieur:

a) ...

...

i) les ouvrages ou équipements industriels impliquant la sécurité du public ou des employés.

Article 3

L'exercice de la profession d'ingénieur consiste à faire, pour le compte d'autrui, l'un ou l'autre des actes suivants, lorsque ceux-ci se rapportent aux travaux de l'article 2 :

a) donner des consultations et des avis;

b) faire des mesurages, des tracés, préparer des rapports, calculs, études, dessins, plans, devis, cahiers des charges;

c) ...

Cette même loi mentionne, depuis le 24 septembre 2020, aux articles 1.1, 2 et 3, les points suivants pour le champ de pratique et les activités réservées :

Article 1.1

L'exercice de l'ingénierie consiste, quelle que soit la phase du cycle de vie d'un ouvrage, à exercer une activité à caractère scientifique d'analyse, de conception, de réalisation, de modification, d'exploitation ou de conseil appliquée aux structures et aux matériaux ainsi qu'aux procédés et aux systèmes qui extraient, utilisent, échangent, transforment, transportent ou emmagasinent de l'énergie, de l'information ou de la matière dans le but d'offrir un milieu fiable, sécuritaire et durable.

Article 2

Dans le cadre de l'exercice de l'ingénierie, sont réservées à l'ingénieur, lorsqu'elles se rapportent à un ouvrage visé à l'article 3, les activités professionnelles suivantes :

1 - déterminer les concepts, les paramètres, les équations ou les modèles qui, à partir de modèles issus de principes d'ingénierie, permettent d'anticiper le comportement des structures, des matériaux, des procédés ou des systèmes;

...

Article 3

Les activités réservées à l'ingénieur en vertu du premier alinéa de l'article 2 se rapportent aux ouvrages suivants :

...

3 - un système de génération, d'accumulation, de transmission, d'utilisation ou de distribution d'énergie sous forme électrique, mécanique ou thermique, tel un équipement industriel ou un système de pompage servant au traitement des eaux, à l'exclusion d'un système dont le dysfonctionnement ne présente pas de risque pour la sécurité des personnes ou d'un système destiné à l'usage d'une seule unité d'habitation.

Réglementation consultée, non directement applicable à la chaudière artisanale

Au Québec, les équipements sous pression sont régis par la *Loi sur le bâtiment*, de laquelle découle le *Règlement sur les installations sous pression*. Le « Code sur les chaudières, les appareils et les tuyauteries sous pression (CSA B51-19) » vient compléter la réglementation applicable.

Cette réglementation définit, notamment, les exigences applicables en termes de conception, de fabrication, d'installation, de réparation et d'inspection en service pour les équipements sous pression.

L'article 1 du *Règlement sur les installations sous pression* définit les termes « chaudière » et « basse pression » comme suit :

« chaudière » : équipement sous pression muni d'une source d'énergie directe qui sert à chauffer un liquide caloporteur ou à le transformer en vapeur;

« basse pression » : 1^o pression au manomètre de 103 kPa et moins pour la vapeur et les gaz;

L'article 2 du même règlement mentionne :

Le présent règlement s'applique aux équipements sous pression suivants ainsi qu'à leur voisinage:

1^o une chaudière, un accessoire et une tuyauterie;

Enfin, l'article 3 établit des critères d'exemption pour les chaudières :

Le présent règlement ne s'applique pas aux équipements sous pression suivants ni aux accessoires et à la tuyauterie y étant reliés:

1^o une chaudière:

a) à haute pression dont la surface de chauffe est de 1 m² et moins, ou dont la puissance est de 10 kW et moins;

b) à basse pression à vapeur, à eau chaude ou à fluide thermique dont la surface de chauffe mouillée est de 3 m² et moins, ou dont la puissance est de 30 kW et moins;

c) dont la pression est de 103 kPa et moins, à circuit ouvert, et lorsqu'il n'y a aucun robinet entre la chaudière et l'ouverture directe à l'air;

Il est donc légitime de considérer l'appareil utilisé le jour de l'accident comme étant une chaudière au sens du règlement. Néanmoins, selon l'article 3, les caractéristiques de la chaudière artisanale font en sorte qu'elle en est exemptée. En effet, même en considérant une chauffe réalisée simultanément par le fond et par les parois latérales, la surface de chauffe, ou encore la surface de chauffe mouillée, de la chaudière artisanale sont inférieures à 1 m². Par ailleurs, au niveau de la pression vapeur, il est également légitime de considérer que le fonctionnement normal de la chaudière artisanale est caractérisé par une production de vapeur sortant directement dans l'atmosphère à basse pression (pression inférieure à 103 kPa ou 15 Psi).

Néanmoins, la réglementation mentionnée ci-avant représente le référentiel permettant de cerner les enjeux de sécurité et les démarches de sécurité appliquées aux équipements sous pression régis. Lors d'une analyse de risques menée sur un équipement exempté, il est tout à fait approprié de s'en inspirer et de retenir une ou plusieurs dispositions pertinentes.

À titre d'exemple, les articles 12.1.3 et 12.2.1.1 du « Code sur les chaudières, les appareils et les tuyauteries sous pression » mentionnent les points suivants par rapport aux dispositifs de sûreté :

Article 12.1.3

Les chaudières, les appareils sous pression ou les systèmes de tuyauteries doivent fonctionner uniquement si :

a) l'équipement est muni d'un dispositif de sûreté dont la capacité respecte les exigences de conception;

...

c) au moins un des dispositifs de sûreté est réglé pour s'ouvrir à une pression égale ou inférieure à la pression maximale de service autorisée pour l'équipement que ce dispositif protège;

...

Article 12.2.1.1

Les caractéristiques de protection contre la surpression des appareils et composants sous pression doivent être déterminées par le concepteur des appareils, conformément aux codes et normes de conception et d'installation pertinents. La conception doit prendre en compte des facteurs comme le fluide, la température et la pression, les conditions de fonctionnement, la viscosité et le débit du fluide et la compatibilité du matériau avec le produit auquel les appareils et composants sous pression, y compris toutes les pièces internes non métalliques, sont exposés.

Identiquement, il existe également plusieurs normes qui régissent, plus spécifiquement, les chaudières qui fonctionnent en circuit fermé et de manière automatique à des fins de chauffage pour des applications résidentielles, commerciales ou industrielles. Citons-en quelques-unes :

- Le code « Boiler and Pressure Vessel Code » de l'American Society of Mechanical Engineers (ASME). La section IV, intitulée Rules for construction of Heating Boilers, présente l'intérêt de définir les exigences pour des chaudières produisant de la vapeur à basse pression (pression inférieure à 103 kPa

ou 15 PSI). Les exigences portent à la fois sur les matériaux, les procédés de fabrication dont le soudage, les inspections de conformité et de certification, l'instrumentation de contrôle en fonctionnement normal, les dispositifs d'arrêt et de sûreté (soupape pour décharger la vapeur) en cas de fonctionnement anormal.

- La norme Z21.13/4.9, intitulée « Gas-fired low pressure steam and hot water boilers » conjointement élaborée par l'Association canadienne de normalisation (CSA) et l'American National Standard (ANS). Cette norme se rapporte également aux chaudières produisant de la vapeur à basse pression (pression inférieure à 103 kPa ou 15 PSI). Les exigences concernent avant tout le circuit ventilé qui permet à l'eau d'être chauffée à partir de brûleurs à gaz et qui permet d'évacuer les gaz brûlés à l'extérieur des édifices. Cette norme apporte tout de même une précision qui s'applique à toute chaudière, qu'elle soit assujettie ou non à cette norme :

« 4.1 General Construction

4.1.1

The construction of a boiler, whether specifically covered in this standard or not, shall be in accordance with reasonable concepts of safety, substantiality and durability. »

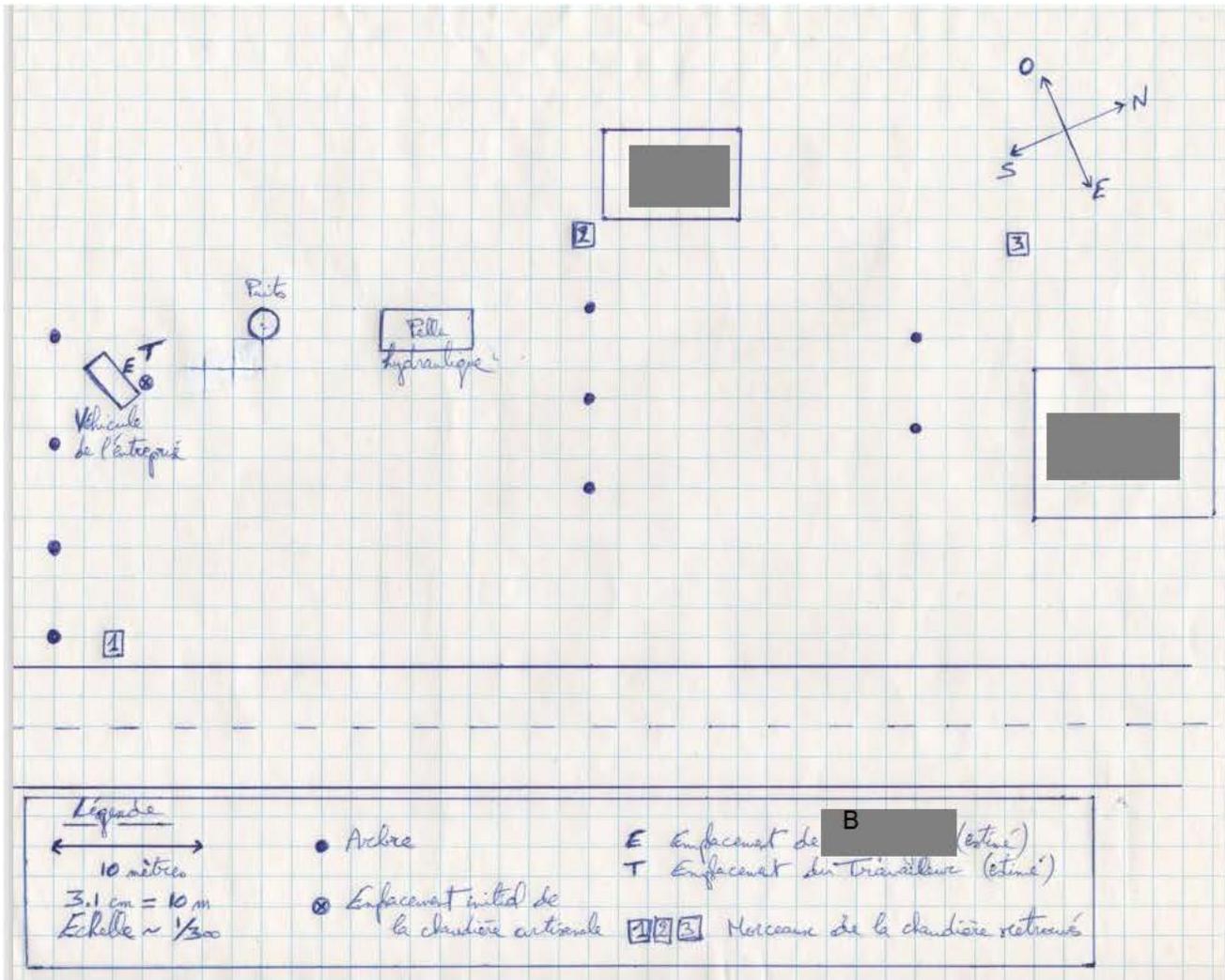
- La norme B140.7, intitulée « Appareils de combustion au mazout : chaudières à vapeur et à eau chaude » du groupe CSA. Cette norme se rapporte aux chaudières à vapeur ou à eau chaude raccordées à un conduit d'évacuation et munies de réglages automatiques. Les exigences portent sur les brûleurs, les conduites de gaz de combustion, les chambres de combustion, les dispositifs de contrôle et de sécurité, la fabrication, les essais. Cette norme précise tout de même, à l'article 1.6 ce qui suit :

« Article 1.6

Une chaudière différente de celles visées par cette norme peut être examinée et mise à l'essai en respectant l'esprit de la norme. »

Ces normes constituent autant de repères permettant de retenir, dans le cadre d'une analyse de risques, certaines dispositions pour satisfaire à l'exigence de garantir le fonctionnement sécuritaire d'une chaudière qui fonctionne à circuit ouvert.

**ANNEXE D
Croquis**



ANNEXE E

Références bibliographiques

ALKOTA. *Steam cleaners*, [En ligne], 2022. [<https://www.alkota.com/products/steam-cleaners/>] (Consulté la dernière fois 28 mars 2022).

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *Boiler and pressure vessel code 2021 – Section IV Heating boilers*, New-York, ASME, 2021, 283 p. (ASME BPVC.IV-2021).

ARCTIC BLASTER. *Arctic Blaster : we developed it; we built it; we sel lit*, [En ligne]. [<https://www.arcticblaster.com/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

ARCTIC BLASTER. *Arctic Blaster Thawing Device*, [En ligne], 2019. [<https://www.youtube.com/watch?v=OrG8So3kuwM>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Appareils de combustion au mazout : chaudières à vapeur et à eau chaude*, 2^e éd., Mississauga, CSA, 2005, 31 p. (CSA B140.7-05).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Code sur les chaudières, les appareils et les tuyauteries sous pression*, 19^e éd., Toronto, CSA, 2020, 219 p. (CSA B51-19).

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION, et AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. *Gas-fired low pressure steam and hot water boilers*, 6^e éd., Toronto, CSA, 2017, 209 p. (CSA 4.9-2017) (ANSI Z21.13-2017).

BIEDLER'S HYDRAULICS. *Gates 6C2AT-6RMP : G28100-0606 Hydraulic Hose Fitting*, [En ligne], 2022. [<https://www.biedlers-hydraulics.com/gates-6c2at-6rmp-g28100-0606-hydraulic-hose-fitting.html>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

CLEANFLOW. *Arctic Blaster Steam Thawing Device*, [En ligne], 2022. [https://cleanflow.net/products/arctic-blaster-steam-thawing-device?_pos=1&_sid=458c2270c&_ss=r] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

CLEANFLOW. *Flotec FP7110T Pre-Charged Pressure Tank (Vertical - Tall) : 19 Gallon*, [En ligne], 2022. [<https://cleanflow.net/collections/well-pumps-and-pressure-tanks/products/flotec-fp7110t-pre-charged-pressure-tank-vertical-tall-19-gallon>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

CLEANFLOW. *Thunder Mobile Electric Motor Steam Thawing/Cleaning Unit*, [En ligne], 2022. [<https://cleanflow.net/products/thunder-electric-motor-steam-unit>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

DSF LYON. *Flexible caoutchouc 2 SN norme EN 853 : 2SN ET SAE 100 R2AT*, [En ligne], 2022. [<https://www.dsf-lyon.fr/hydraulique/flexible-hydraulique-2-sn-norme-en-853-2sn-et-sae-100-r2at/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

DUPUIS, André. « Le dégelage des tuyaux », *Inter-mécanique du bâtiment*, vol. 21, no 1, février 2006, p. 10-12.

[https://www.cmmtq.org/docs/Documents/imb/imbvol21no01_f%C3%A9vrier2006.pdf]

EARLEX. *Pressure and gravity fed paint spray systems and accessories*, [En ligne], 2022.

[<https://www.earlex.com/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

EBI ENVIROTECH. *Quelle est la différence entre un puits de surface et un puits artésien?* [En ligne],

2021. [<https://ebienvirotech.ca/differences-puits-de-surface-et-puits-artésien/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

ÉQUIPEMENTS BROSSARD. *Location d'outils et d'équipements dans la grande région de Montréal*,

[En ligne], 2022. [<https://equipementsbrossard.com/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

GIASSON, Guy. « La vapeur : une énergie méconnue », *Inter-mécanique du bâtiment*, vol. 17, no 9, novembre 2002, p. 10-14.

[https://www.cmmtq.org/docs/Documents/imb/imbvol17no09_novembre2002.pdf].

GUÉNETTE, Éline. *Dégel des tuyaux : à l'eau chaude ou à la vapeur; à l'électricité*, Montréal, APSAM, 2017, iii, 27 p.

[<https://www.apsam.com/sites/default/files/docs/publications/degel-des-tuyaux.pdf>].

KHSSASSI, Aziz. *Guide d'application du Règlement sur les installations sous pression*, [Québec], Régie du bâtiment du Québec, 2019, 20 p.

[<https://www.rbq.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Publications/francais/guide-reglement-isp.pdf>].

LES PUIITS DU QUÉBEC. Puits artésien ou puits de surface? [En ligne]. [<http://www.puits.com/puits-artésien-ou-puits-de-surface/>]

(Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

LOU-PRO. *Location d'outils; vente; service*, [En ligne], 2022. [<https://loupro.ca/#accueil-new>]

(Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

MAGIKIST. *Products*, [En ligne], 2022. [<https://www.magikist.com/#products>] (Consulté la dernière

fois le 28 mars 2022).

MS GREGSON. *Fabricant de pulvérisateurs et de laveuses à pression*, [En ligne], 2022.

[<https://www.msgregson.com/accueil>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

PICBLEU. *Comment fonctionne une bouteille de gaz butane ou propane*, [En ligne], 2022.

[<https://www.picbleu.fr/page/comment-fonctionne-une-bouteille-gaz-butane-propane>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

POLLARDWATER. *Water and wastewater products, tools and supplies*, [En ligne], 2022.

[<https://www.pollardwater.com/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

PRINCESS AUTO. *Trousse de grand chalumeau au propane*, [En ligne], 2022. [https://www.princessauto.com/fr_CA/trousse-de-grand-chalumeau-au-propane/product/PA0008841801] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

PUITS LANAUDIÈRE. *Réservoir d'eau pressurisé*, [En ligne], 2016. [<http://puitsartesienslanaudiere.com/reservoir-d-eau-pressurise/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 4, à jour au 15 septembre 2021*, [En ligne], 2021. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/s-2.1,%20r.%204>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 1er novembre 2021*, [En ligne], 2021. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/s-2.1>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

QUÉBEC. *Loi sur les ingénieurs, RLRQ, chapitre I-9, à jour au 1er novembre 2021*, [En ligne], 2021. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/I-9>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

QUÉBEC. *Loi sur le bâtiment, RLRQ, chapitre B-1.1, à jour au 1er novembre 2021*, [En ligne], 2021. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/B-1.1>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

QUÉBEC. *Règlement sur le programme de prévention, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 10, à jour au 15 septembre 2021*, [En ligne], 2021. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/S-2.1,%20r.%2010%20>]. (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

QUÉBEC. *Règlement sur les installations sous pression, RLRQ, chapitre B-1.1, r. 6.1, à jour au 15 septembre 2021*, [En ligne], 2021. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/B-1.1,%20r.%206.1%20>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

QUÉBEC. OFFICE QUÉBÉCOIS DE LA LANGUE FRANÇAIS. *Vitrine linguistique : chaudière*, [En ligne], 2022. [https://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8357438] (Consulté la dernière fois le 4 avril 2022).

RYCO. *Hydraulic hoses*, [En ligne], 2022. [<https://www.ryco.com.au/product-category/hoses/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

SIOUX INDUSTRIAL EQUIPMENT. *Heat/chill water : generate steam-clean*, [En ligne], 2022. [<https://sioux.com/pressure-washers-steam-cleaners>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

STELEM. *Votre spécialiste en équipements municipaux : restauration et pièces de bornes d'incendie : service de réparation d'équipements*, Montréal, Stelem, 2018, 12 p. [http://stelem.com/wp-content/uploads/2018/09/stelem_brochure-2018.pdf].

TECHNOVAP. *Nettoyeurs vapeur pour l'industrie*, [En ligne], 2022. [<https://www.tecnovapfrance.fr/nettoyeur-vapeur-industrie/>] (Consulté la dernière fois le 28 mars 2022).

VUILLIN, Jean-François. « Les chaudières à vapeur », *Inter-mécanique du bâtiment*, vol. 17, no 9, novembre 2002, p. 15-16.

[https://www.cmmtq.org/docs/Documents/imb/imbvol17no09_novembre2002.pdf].