

EN004417**RAPPORT D'ENQUÊTE**

**Accident ayant causé la mort d'un travailleur
de l'entreprise Les patates Turcot inc., survenu
le 28 décembre 2023 au 657, rang de la Rivière Sud
à Saint-Lin-Laurentides.**

Version dépersonnalisée

Service de la prévention-inspection – Lanaudière

Inspecteur :

Mohammed Tail

Inspectrice :

Annie Lépine

Date du rapport : 28 mai 2024

Rapport distribué à :

- Monsieur Daniel Turcot, secrétaire, Les patates Turcot inc.
 - Maître Marc Boudreau, coroner
 - Docteure Lynda Thibeault, directrice de la santé publique, Centre intégré de santé et de services sociaux de Lanaudière
-

TABLE DES MATIÈRES

1	<u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u>	1
2	<u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	3
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	3
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	3
2.2.1	MÉCANISMES DE PARTICIPATION	3
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	3
3	<u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u>	4
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	4
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	7
4	<u>ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE</u>	9
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	9
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	10
4.3	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	21
4.3.1	LA DIGESTION MICROBIENNE ANAÉROBIQUE DES MATIÈRES ORGANIQUES DANS LE BASSIN DE TRAITEMENT DES BOUES, ATTRIBUABLE À L'ARRÊT DE L'AÉRATEUR PENDANT ENVIRON DEUX MOIS, A GÉNÉRÉ UNE CONCENTRATION DE SULFURE D'HYDROGÈNE (H ₂ S) SUPÉRIEURE À 500 PPM, LAQUELLE FUT LIBÉRÉE LORS DE LA REMISE EN MARCHÉ DE L'AÉRATEUR, INTOXIQUANT LE TRAVAILLEUR SE TROUVANT À PROXIMITÉ DES DEUX BASSINS LORS DE TRAVAUX DE TRAITEMENT DE L'EAU.	21
4.3.2	LA MÉTHODE DE TRAVAIL EST DÉFICIENTE ET FAIT EN SORTE QUE LE TRAVAILLEUR SE RETROUVE EXPOSÉ À UNE ATMOSPHÈRE DANGEREUSE, À PROXIMITÉ DES DEUX BASSINS, LORS DE TRAVAUX DE TRAITEMENT DE L'EAU.	22
5	<u>CONCLUSION</u>	24
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	24
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	24
5.3	RECOMMANDATIONS/SUIVIS DE L'ENQUÊTE	24
<u>ANNEXES</u>		
ANNEXE A :	Accidenté	26
ANNEXE B :	Liste des personnes interrogées	27
ANNEXE C :	Références bibliographiques	28

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

Le 28 décembre 2023, vers 17 h 30, le travailleur effectue le traitement de l'eau d'un bassin qui se trouve dans un bâtiment isolé construit à l'arrière de l'usine de production. Le travailleur est exposé au sulfure d'hydrogène (H₂S) et il est retrouvé, en soirée, inconscient sur le plancher de la mezzanine adjacente aux bassins de traitement (figure 1).

Conséquences

Le travailleur est transporté à l'hôpital et décède plusieurs jours plus tard.



Figure 1 - Photographie des bassins de traitement de l'eau et des boues

Source : CNESST

Abrégé des causes

L'enquête a permis de retenir les deux causes suivantes pour expliquer l'accident :

- La digestion microbienne anaérobie des matières organiques dans le bassin de traitement des boues, attribuable à l'arrêt de l'aérateur pendant environ deux mois, a généré une concentration de sulfure d'hydrogène (H₂S) supérieure à 500 ppm, laquelle fut libérée lors de la remise en marche de l'aérateur, intoxiquant le travailleur se trouvant à proximité des deux bassins lors de travaux de traitement de l'eau.
- La méthode de travail est déficiente et fait en sorte que le travailleur se retrouve exposé à une atmosphère dangereuse à proximité des deux bassins lors de travaux de traitement de l'eau.

Mesures correctives

Le 29 décembre 2023, une décision est émise à l'employeur Les patates Turcot inc. ordonnant la fermeture et l'interdiction d'accès au bâtiment servant au traitement de l'eau. Cette décision est consignée au rapport d'intervention RAP1452491.

La CNESST exige la mise en place d'un moyen pour détecter la présence de sulfure d'hydrogène (H₂S) dans le bâtiment, l'élaboration d'une procédure sécuritaire de travail et la transmission de l'information aux travailleurs. L'employeur devra également assurer la supervision nécessaire à la réalisation des tâches selon la procédure établie. La CNESST exige aussi de faciliter l'accès au commutateur de mise en marche de l'extracteur en l'installant à l'entrée du bâtiment au lieu d'être installé à la mezzanine. Ces mesures visent à contrôler les dangers pour les travailleurs et les sous-traitants qui accèdent au bâtiment de traitement de l'eau.

Le 17 janvier 2024, l'employeur fait l'acquisition d'un détecteur multigaz portatif de type professionnel, reçoit l'information du fournisseur et des pompiers sur son mode de fonctionnement et élabore une procédure sécuritaire d'entrée dans le bâtiment de traitement de l'eau. La reprise des travaux est alors autorisée et est consignée dans le rapport d'intervention RAP1454181.

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 Les patates Turcot inc. est une société par actions. Elle est administrée par messieurs Jacques Turcot (ci-après nommé le vice-président) et Daniel Turcot (ci-après nommé le secrétaire).

Cette entreprise se spécialise dans la culture et la transformation de la pomme de terre. Elle est en activité depuis 1995. Sa clientèle est principalement composée de restaurants situés dans la grande région métropolitaine. On y emploie environ 22 travailleurs, dont des travailleurs étrangers temporaires. Les opérations au champ et au traitement de l'eau sont supervisées par **A** tandis que la transformation et les ventes sont sous la responsabilité du **B**.

2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail**2.2.1 Mécanismes de participation**

Il n'y a aucun mécanisme de participation en place.

2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

L'entreprise fait partie du secteur d'activités économiques Agriculture et **A**. Un programme de prévention est en place, il traite des activités de production, mais ne fait aucune mention du sulfure d'hydrogène (H₂S). **B** et **A** sont responsables de l'application de l'ensemble des mesures en matière de santé et de sécurité du travail.

Au sein de l'entreprise, les consignes de travail et de sécurité sont communiquées verbalement aux travailleurs. En général, **B** et **A** sont présents lors de l'exécution des travaux.

L'entreprise fournit : des bottes de sécurité, des lunettes, des gants, des appareils de protection respiratoire, des tabliers et des bouchons dans le cadre d'activités de production. Tous les travailleurs portent des bottes de sécurité. Les autres équipements de protection sont utilisés selon les besoins.

SECTION 3

3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

L'accident est survenu dans le bâtiment de traitement de l'eau, situé au 657, rang de la Rivière Sud à Saint-Lin-Laurentides, dans la soirée du 28 décembre 2023.

L'entreprise Les patates Turcot inc. possède plusieurs bâtiments servant à la production, à l'entreposage, aux réparations mécaniques et au traitement de l'eau. Un bâtiment distinct est dédié à l'administration et au logement des travailleurs étrangers temporaires (figure 2).

Le bâtiment de traitement de l'eau est situé en retrait, à l'arrière du bâtiment de production. Il est constitué d'un bâtiment principal, d'une rallonge en façade et d'un appentis à chacun de ses côtés.



Fig. 2 - Vue aérienne des installations de l'entreprise Les patates Turcot inc.
Source : Mapquest, modifiée par la CNESST

Dans le bâtiment principal, on retrouve un bassin pour le traitement de l'eau et un bassin pour le traitement des boues. Deux ouvertures sont pratiquées au sommet des combles, sur des faces opposées, pour permettre la ventilation du bâtiment. Les ouvertures sont orientées à l'est-ouest. Un extracteur d'environ 10 250 m³/h est installé dans l'ouverture du côté est. Les appentis servent d'abris à de l'équipement divers (figures 3 et 4).



Fig. 3 et 4 - Photographies du bâtiment de traitement de l'eau
Source : CNESST

La rallonge, au rez-de-chaussée (RDC), comprend le puits de réception de l'eau à traiter, qui sera transmise au bassin de traitement de l'eau, et le puits de sortie de l'eau traitée, qui sera envoyée aux égouts municipaux. Des pompes y sont installées pour le transfert entre bassins (figures 5 et 6).

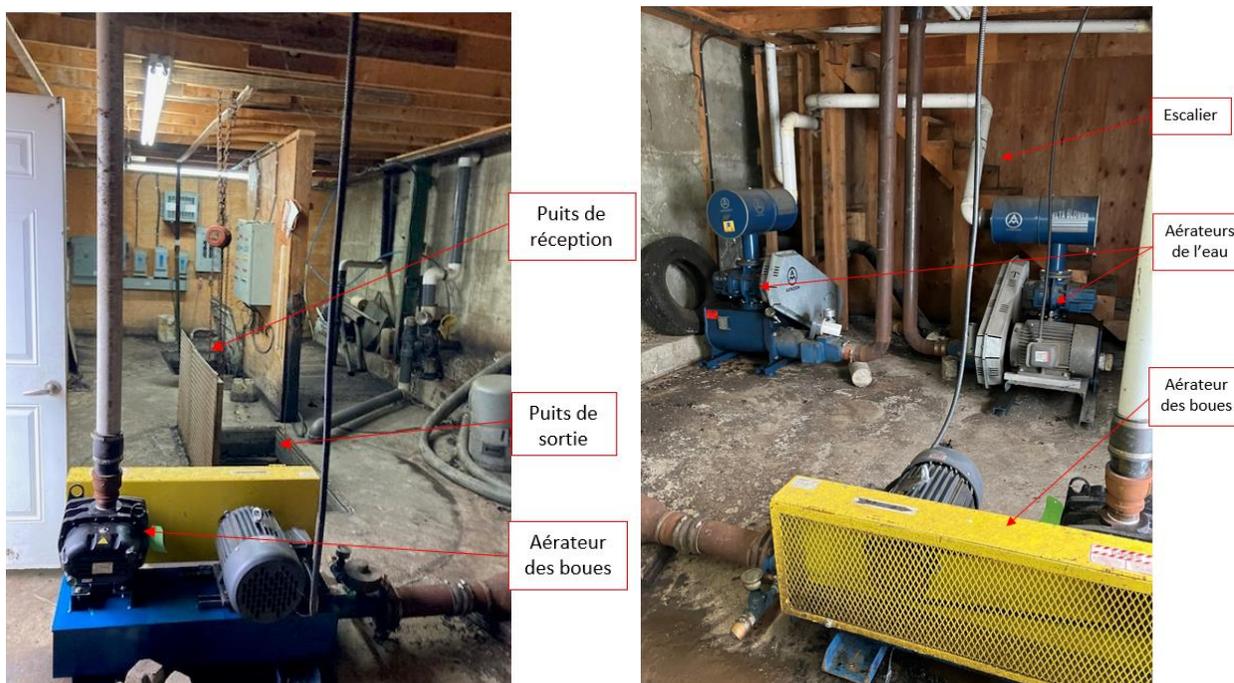


Fig. 5 et 6 - Photographies du rez-de-chaussée de la rallonge
Source : CNESST

Un escalier donne accès du RDC à la mezzanine. Cette dernière comporte les pupitres de commandes des deux bassins, la commande de l'extracteur et une partie des conduits des aérateurs. Elle donne aussi accès aux bassins de traitements. (figure 7)

Pupitre de
commandePorte
d'accès aux
bassinsConduits des
aérateurs

Fig. 7 - Photographie de la mezzanine
de la rallonge
Source : CNESST

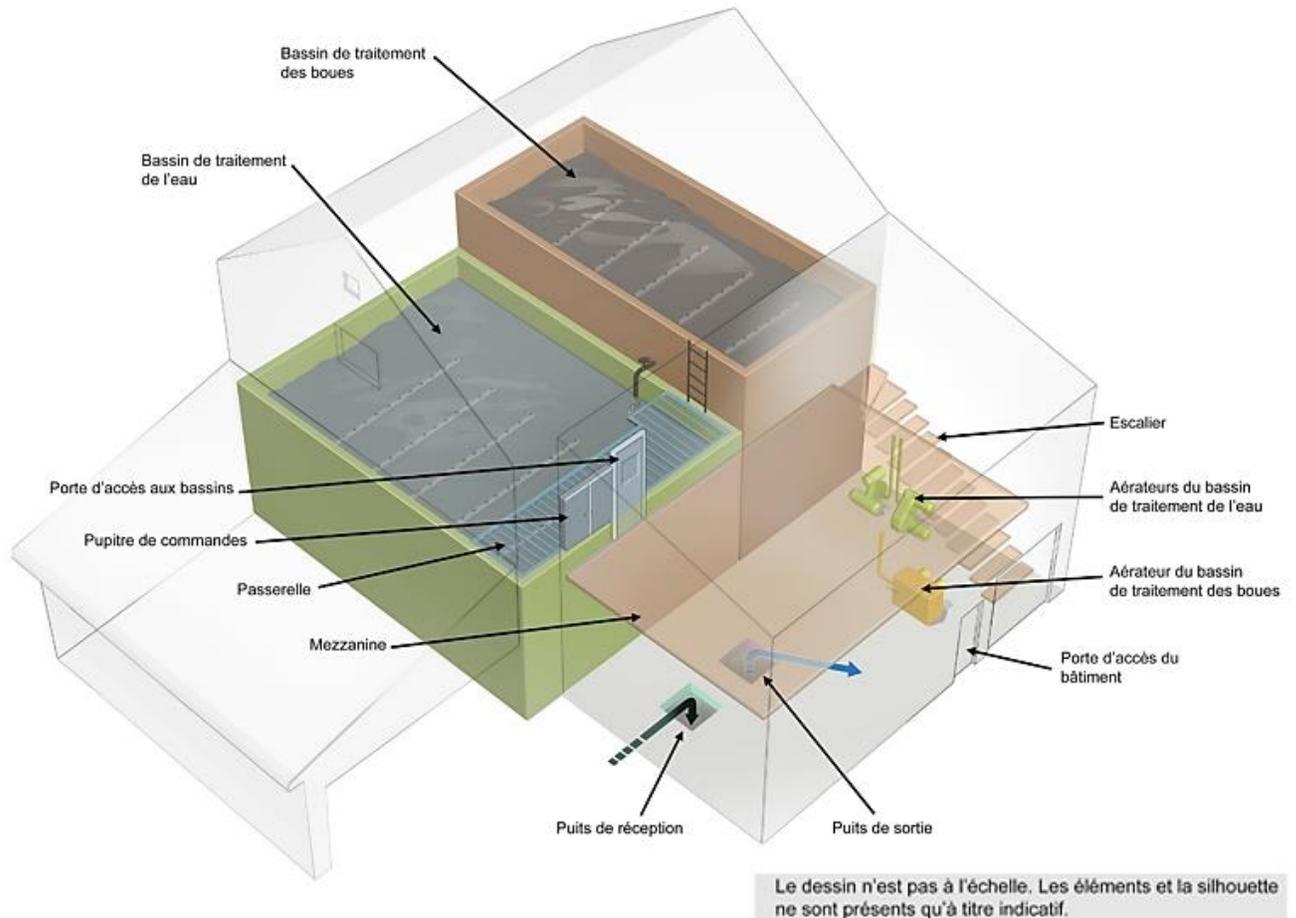


Fig. 8 - Dessin 3D du bâtiment de traitement de l'eau

Source : CNESST

Au moment de l'accident, le temps est gris et la température est d'environ 2 °C. L'humidité oscille entre 86 à 100 % et le vent souffle du nord-nord-est à une vitesse d'environ 10 km/h.

3.2 Description du travail à effectuer

Pour terminer la tâche amorcée en début de journée par A [redacted] qui vise à redémarrer l'aérateur du bassin de traitement des boues, les directives suivantes sont données au travailleur :

- Arrêter le transfert des boues du bassin de traitement de l'eau vers le bassin de traitement des boues, aux alentours de 16 h 30, en actionnant le commutateur de la pompe situé sur le pupitre de commande.
- Remettre en mode automatique le commutateur des aérateurs du bassin de traitement de l'eau.
- Se déplacer au bâtiment de production où la réserve du désinfectant est entreposée dans un contenant de 1000 l (figure 9).



Fig. 9 et 10 - Photographies des contenants de 1000 l et 20 l du désinfectant
Source : CNESST

- Remplir cinq contenants de 20 l (figure 10) et les charger dans la caisse arrière de la camionnette, puis les transporter jusqu'au bâtiment de traitement de l'eau.
- Procéder au traitement choc du bassin de traitement de l'eau en y déversant 200 l d'hypochlorite de sodium à 12 % (ci-après : « désinfectant ») à partir de la passerelle.
- Déverser un contenant à la fois. C'est-à-dire prendre un contenant, passer par l'escalier pour atteindre la mezzanine, puis accéder au bassin de traitement de l'eau par la porte. Déverser le contenant, le récupérer vide et le remettre dans la caisse arrière de la camionnette avant de reprendre un deuxième contenant.
- Poursuivre l'opération pour le restant des contenants.
- Effectuer un deuxième voyage pour compléter la quantité de désinfectant demandé.
- À la fin de la tâche, il doit retourner les contenants vides au garage.

SECTION 4

4 ACCIDENT : FAITS ET ANALYSE

4.1 Chronologie de l'accident

Le 28 décembre 2023, le travailleur débute sa journée de travail vers 5 h à la production. Vers 7 h, il est assigné à la livraison des commandes spéciales sur le territoire. Après avoir chargé sa camionnette, il quitte l'établissement entre 8 h 30 et 9 h.

Au cours de l'avant-midi, A se rend au bâtiment de traitement de l'eau afin de remettre en marche l'aérateur du bassin de traitement des boues. Ce bassin est plein, c'est-à-dire qu'il contient 7 m de boues composées d'eau et de matières organiques. Son niveau doit être abaissé avant le démarrage de l'aérateur. Vers 10 h, A actionne la valve du 1^{er} niveau du bassin de traitement des boues, pour transférer le surnageant du bassin de traitement des boues vers le bassin de traitement de l'eau. Cette opération fait passer le niveau du bassin de 7 m à 6,2 m et dure entre 45 et 60 minutes.

A revient au cours de la journée pour actionner successivement les vannes du 2^e et du 3^e niveau pour le transfert du surnageant du bassin de traitement des boues vers le bassin de traitement de l'eau. Ces opérations font passer le niveau du bassin de 6,2 m à 5,5 m, puis à 4,5 m.

L'abaissement du niveau de l'eau dans le bassin de traitement des boues a été réalisé en parallèle avec d'autres tâches, ce qui a prolongé cette opération jusqu'à la fin de l'après-midi.

Vers 15 h 45, le travailleur est de retour à l'établissement. Après avoir remis les documents de livraison, il est affecté au poste d'emballage dans la production.

Vers 16 h, au bâtiment de traitement de l'eau, A met en marche l'aérateur du bassin de traitement des boues ainsi que la purge des boues du bassin de traitement de l'eau vers le bassin de traitement des boues. La purge dure environ 30 minutes.

De retour au bâtiment de la production, vers 16 h 20, A demande au travailleur de l'accompagner au bâtiment de traitement de l'eau. Il lui confie des tâches qui consistent à arrêter la purge des boues vers 16 h 30, à remettre en marche l'aérateur du bassin de traitement de l'eau en mode automatique et à déverser 200 l de désinfectant dans le bassin de traitement de l'eau. Les explications durent environ cinq minutes, dont une minute dans le bâtiment principal. Peu de temps après, A quitte l'établissement.

Vers 16 h 35, le travailleur arrête la purge des boues et remet en marche l'aérateur du bassin de traitement de l'eau en mode automatique.

Vers 17 h 30, il est aperçu en train de mettre les contenants pleins de désinfectant dans la caisse arrière de la camionnette.

À la fin de sa journée de production, à 19 h 14, un des collègues du travailleur tente de le joindre au téléphone, mais il ne répond pas.

Vers 21 h, un autre collègue débute les recherches pour retrouver le travailleur. Il est localisé vers 21 h 20, inconscient sur le plancher de la mezzanine. Le collègue tente de lui donner les premiers secours et va chercher de l'aide.

À 21 h 26, un appel aux services d'urgence est fait et quatre collègues se dirigent vers le bâtiment de traitement de l'eau pour secourir le travailleur.

Vers 21 h 30, il est évacué du bâtiment de traitement de l'eau par ses collègues. À ce moment, un des collègues constate une forte odeur et ferme la porte entre les bassins de traitement et la mezzanine. Le travailleur est transporté en camionnette jusqu'au bâtiment de production où les premiers secours sont prodigués dans l'attente des premiers répondants.

Vers 21 h 40, les pompiers premiers répondants arrivent sur place et le travailleur est pris en charge en attendant l'arrivée de l'ambulance. Peu de temps après leur arrivée, les membres d'une deuxième équipe de pompiers se dirigent, accompagnés du **B**, vers le bâtiment de traitement de l'eau pour une reconnaissance des lieux. Des prélèvements, effectués par l'appareil de mesure portatif 4 gaz¹ devant la porte fermée du bâtiment principal, indiquent la présence de 6 particules par million (ppm) de H₂S. En ouvrant la porte, le détecteur indique rapidement 15 ppm, ce qui amène les pompiers à fermer la porte et à évacuer le bâtiment. Après vérification de leurs équipements de protection, les pompiers retournent à l'intérieur du bâtiment principal où une concentration de 97 ppm de H₂S est mesurée. Une seconde mesure est prise environ dix minutes plus tard et une concentration de 60 ppm de H₂S est mesurée.

Tableau synthèse des mesures prises par les pompiers

Heures	Concentration H ₂ S
21 h 48	6 ppm devant la porte
	15 ppm à l'ouverture de la porte
21 h 52	97 ppm dans le bâtiment principal
22 h 02	60 ppm dans le bâtiment principal

Vers 21 h 55, le travailleur est transporté par ambulance à l'hôpital.

4.2 Constatations et informations recueillies

Procédé de transformation de la pomme de terre (production)

L'entreprise Les patates Turcot inc. cultive, entrepose et transforme la pomme de terre. Le procédé de transformation comporte plusieurs étapes, dont le lavage, l'épluchage, le coupage, la conservation et l'emballage de la pomme de terre avant sa mise en marché. De l'eau provenant d'un puits est utilisée à divers endroits du procédé pour nettoyer, rincer et conserver la pomme de terre. Cette eau est également utilisée pour les opérations d'assainissement.

La production est effectuée trois fois par semaine.

¹ À noter que l'appareil de mesure personnel 4 gaz de marque GMI (modèle PS241, no de série) effectue des prélèvements de 0 à 100 ppm pour la lecture maximale. Pour des expositions supérieures à 100 ppm, la cellule sera saturée et risque d'être endommagée (source : Hetek Solution inc., fournisseur de services de détection de fuites de gaz et de l'eau).

Lors de ces opérations, on utilise une quantité de 25 à 30 m³ d'eau par jour de production. Des produits dangereux y sont ajoutés à l'étape de la conservation (bisulfite de sodium) et d'assainissement (désinfectant). Cette eau, contenant des particules organiques et des produits chimiques, doit être traitée avant d'être envoyée vers les égouts municipaux.

Récupération de l'eau

Pour traiter l'eau du procédé de transformation de la pomme de terre, on commence par la collecter via un caniveau qui longe l'aire de production. Cette eau est acheminée par gravité vers un puits d'environ 1,2 m de profondeur et est transférée par pompage au séparateur de particules appelé « Tangentiel ». Ce dernier sépare les particules solides et les met dans un grand contenant. L'eau est envoyée par gravité vers un réservoir (figures 11 et 12).



Fig. 11 - Photographie de l'aire de production
et collecte de l'eau
Source : CNESST



Fig. 12 - Photographie du local de séparation et récupération de l'eau
Source : CNESST

L'eau est ensuite pompée dans une remorque (conteneur) située dans un local adjacent de l'aire de production pour une première décantation. Elle se déplace par gravité vers un petit réservoir situé à côté et comportant des séparateurs pour une seconde décantation. L'eau est ensuite acheminée par gravité à un caniveau sous la remorque et via des conduits jusqu'au puits de réception situé au rez-de-chaussée du bâtiment de traitement de l'eau.

Procédé de traitement de l'eau

La phase de traitement de l'eau commence du puits de réception qui collecte l'eau prédécantée. Elle est acheminée dans le bassin de traitement de l'eau par pompage automatique via une pompe submersible commandée par flotteur.

Le procédé de traitement de l'eau est automatisé via un programme prédéfini dans un automate programmable. Il se résume comme suit :

- Début du procédé automatisé vers 10 h.
- Entre 10 h et 19 h, un aérateur est en fonction pour apporter l'oxygène sous pression dans l'eau du bassin.
- De 19 h à 2 h, le deuxième aérateur est remis en fonction pour une aération intense.
- Entre 2 h et 3 h 30 a lieu la période de décantation où les deux aérateurs sont à l'arrêt.
- À 4 h, l'eau est évacuée par gravité vers le puits de sortie via une électrovanne qui est actionnée par une sonde de niveau. Le niveau de l'eau doit être supérieur à 3260 mm pour permettre d'actionner l'électrovanne (niveau minimal du bassin de traitement de l'eau).

- La purge des boues se fait de façon manuelle par A les lendemains des jours de production vers 7 h. Il contourne la purge automatique des boues par crainte de bris de l'aérateur du bassin de traitement des boues.

Le transfert de l'eau du puits de sortie vers les égouts municipaux s'effectue automatiquement par pompe submersible commandée par flotteur.

Procédé de traitement des boues

Les boues sédimentées dans le bassin de traitement de l'eau sont transférées par pompe submersible au bassin des boues. Cette opération est effectuée, manuellement, 3 fois par semaine par A. Dans le bassin de traitement des boues, une décantation s'effectue et l'eau moins saturée de matière organique (surnageant) est renvoyée au bassin de traitement de l'eau par gravité via 3 électrovannes à action manuelle situées à 6,2 m, 5,5 m et 4,5 m du sol. L'aérateur du bassin de traitement des boues est toujours en marche sauf pendant les périodes de transfert du surnageant.

Dimensions du bâtiment principal

Les bassins de traitement de l'eau et de boues forment les fondations du bâtiment principal dont les dimensions sont de 11,80 m de long sur 8,12 m de large. À l'intérieur de ce bâtiment, un faux plafond est aménagé à 9,6 m de hauteur par rapport au fond des bassins et se rattache au plafond en pentes du pignon de la toiture. Le volume total du bâtiment est d'environ 870 m³.

Les dimensions du bassin de traitement de l'eau sont de 6,80 m sur 8,12 m. Le niveau de l'eau en traitement est maintenu à environ 3,26 m, ce qui équivaut à un volume d'eau d'environ 180 m³.

Le bassin de traitement des boues est de 5 m sur 8,12 m. Lors de la mise en marche de l'aérateur du bassin de traitement des boues, le niveau des boues est à 4,5 m, ce qui représente un volume de 183 m³.

En soustrayant les volumes de l'eau et des boues du volume total du bâtiment, on obtient un volume d'air d'environ 500 m³.

Caractéristiques des aérateurs et de l'extracteur

L'aérateur du bassin de traitement des boues de marque Hibon, modèle S2H42, a un débit maximal de 600 m³/h.

Silentflow	Surpresseur	Débit jusqu'à (m ³ /h)	Delta P max. (mbar)	Vide max. (mbar)	Longueur (avec connexion)	Largeur	Hauteur
SF00_0.5	S2H22	100	700	500	770 (1067)	720	850
SF00_1	SN801	220	1000	500	770 (1067)	720	850
SF00_1.5	S2H32	300	700	500	770 (1067)	720	850
SFO_2	SN802	450	1000	500	1200 (1810)	1000	1210
SFO_3.5	S2H42	600	620	500	1200 (1810)	1000	1210

Fig. 13 - *Tableau des caractéristiques techniques de l'aérateur*
Source : Ingersoll Rand Industrial technologies, modifié par CNESST

L'aérateur du bassin de traitement de l'eau de marque Aerzen, modèle GM10S, a un débit d'environ 544 m³/h.

L'extracteur d'air du bâtiment a une capacité d'évacuation d'environ 10 250 m³/h (environ 20 changements d'air par heure). Il est utilisé manuellement pour réduire l'humidité.

Bris des équipements (aérateur et extracteur)

En juin 2023, la pompe de l'aérateur du bassin de traitement des boues est tombée en panne. Elle a été envoyée à un atelier externe pour réparation. La pompe a été reçue à la fin août après réparation, mais n'a pas été mise en fonction, puisque l'employeur peut procéder à l'épandage des boues dans les champs pour éviter le débordement du bassin de traitement des boues.

L'extracteur d'air en place est en fonction en permanence pour réduire l'humidité.

Vers la mi-septembre, A ne peut plus épandre les boues dans ses champs. Il réactive donc l'aérateur du bassin de traitement des boues. Toutefois, la pompe de l'aérateur a des fuites d'huile et ne fonctionne que par intermittence pendant environ 6 semaines.

À partir du début novembre, l'aérateur du bassin de traitement des boues est à l'arrêt.

À la mi-novembre, l'extracteur d'air est à l'arrêt puisque l'humidité à l'intérieur du bâtiment est réduite (période de gel). A profite de cette période pour faire changer le contacteur.

De la fin novembre au début décembre, les réparations des fuites d'huile de la pompe de l'aérateur du bassin de traitement des boues sont réalisées sur place par le mécanicien d'une entreprise externe. A décide de ne pas redémarrer l'aérateur même s'il est réparé. Le niveau des boues est trop élevé et risquerait d'endommager la pompe.

Le 28 décembre 2023, A décide de démarrer la pompe de l'aérateur du bassin de traitement des boues.

Le sulfure d'hydrogène (H₂S)

Le H₂S est un gaz incolore, soluble dans l'eau et qui se mélange facilement avec l'air en raison de sa densité de vapeur légèrement supérieure à celle de l'air (1,19). Ce gaz possède, à très faible concentration, une odeur caractéristique d'œufs pourris. Cette odeur est détectable à des niveaux de concentration aussi faibles que 0,001 à 0,13 ppm.

L'exposition à ce gaz est encadrée. Des valeurs d'exposition admissibles, qui représentent les concentrations dans l'air auxquelles la grande majorité des travailleurs peut être exposée quotidiennement sans subir d'effets néfastes, sont indiquées à l'annexe 1 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (RSST). Aussi, l'organisme National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), a établi la valeur à laquelle un individu peut s'échapper dans un délai de 30 minutes, sans présenter de symptômes pouvant l'empêcher de fuir et sans produire d'effets irréversibles sur sa santé. Ces valeurs sont représentées dans le tableau suivant.

Valeurs à respecter pour le H₂S dans l'air

VEMP ²	8 ppm
Plafond	P10 ppm
DIVS ³	100 ppm

Il est donc possible théoriquement d'identifier la présence du H₂S avant que ne soient atteintes les valeurs d'exposition admissibles (VEMP - 8 ppm et valeur plafond - 10 ppm) ou la valeur de DIVS - 100 ppm. L'odeur ne peut être un signe d'avertissement fiable et adéquat à une exposition dangereuse puisqu'une concentration entre 100 et 150 ppm bloque les récepteurs olfactifs. Des détecteurs ou des appareils de mesures sont donc recommandés là où existe la possibilité d'exposition au H₂S.

² VEMP : Valeur d'exposition moyenne pondérée. Elle est la concentration moyenne, pondérée pour une période de 8 heures par jour, en fonction d'une semaine de 40 heures, d'une substance chimique (sous forme de gaz, poussières, fumées, vapeurs ou brouillards) présente dans l'air au niveau de la zone respiratoire du travailleur, en vertu du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (S-2.1, r.19.01). Cette valeur est exprimée en ppm, mg/m³ ou fibre/cm³.

³ DIVS : Danger immédiat pour la vie ou la santé. Cette valeur représente la concentration maximale d'un produit présent dans un milieu et duquel un individu peut s'échapper dans un délai de 30 minutes, sans présenter de symptômes pouvant l'empêcher de fuir et sans produire des effets irréversibles sur sa santé. Cette concentration a été définie dans le but de sélectionner un appareil de protection respiratoire approprié. (Cette désignation provient de l'organisme NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health, l'acronyme anglais est « IDLH ».)

Formation du sulfure d'hydrogène (H₂S)

La formation de H₂S est dépendante de certaines conditions telles qu'un environnement anaérobie (sans oxygène) et humide, la présence d'une source de carbone et de sulfate (SO₄⁻²) et un temps de séjour des matières organiques.

Lorsque ces conditions sont réunies, les bactéries sulfato-réductrices, naturellement présentes dans les boues et les sédiments des cours d'eau et des étangs d'épuration ainsi que dans les sols gorgés d'eau, convertissent les sulfates, présents de façon naturelle dans la matière organique et l'eau de puits, en H₂S.

Formation du sulfure d'hydrogène (H₂S) à l'entreprise

L'eau présente dans le bassin de traitement des boues provient initialement du procédé de transformation de la pomme de terre. Elle est chargée de terre, de particules de pommes de terre, d'amidon, d'agents de conservation (métabisulfite de sodium) et de désinfectant (hypochlorite de sodium). Les résidus de pomme de terre constituent une source de carbone et l'eau du puits est une source de sulfate. Des sulfates sont également présents dans les fertilisants utilisés par l'employeur.

L'arrêt de fonctionnement de l'aérateur du bassin de traitement des boues constitue un milieu anaérobie. En raison de la présence naturelle des bactéries sulfato-réductrices dans les boues du bassin de traitement, la décomposition anaérobie de la matière organique présente dans l'eau et les boues du bassin devient donc possible, ce qui génère du H₂S. L'arrêt de l'aérateur du bassin de traitement des boues sur une période d'environ deux mois permet l'accumulation du H₂S dans le bassin.

Dégazage et comportement du gaz dans l'air

Le H₂S présent dans l'eau et les boues du bassin de traitement des boues en émerge progressivement, sous forme de microbulles. En l'absence de ventilation, le H₂S peut s'accumuler dans les endroits fermés. Toutefois, une partie du H₂S demeure emmagasinée dans l'eau et les boues du bassin de traitement des boues. Ce gaz emmagasiné est libéré brusquement lorsque du mouvement est créé dans le bassin, notamment lors du redémarrage de l'aérateur du bassin de traitement des boues (voir le modèle de libération de bulles). Ce phénomène de dégazage s'apparente à celui qui se produit lorsque l'on brasse une bouteille de boisson gazeuse, le gaz dissous est libéré brusquement. Lors du dégazage dans un endroit fermé, le gaz se mélange à l'air ambiant et des concentrations dangereuses, voire mortelles, peuvent être atteintes en quelques secondes.

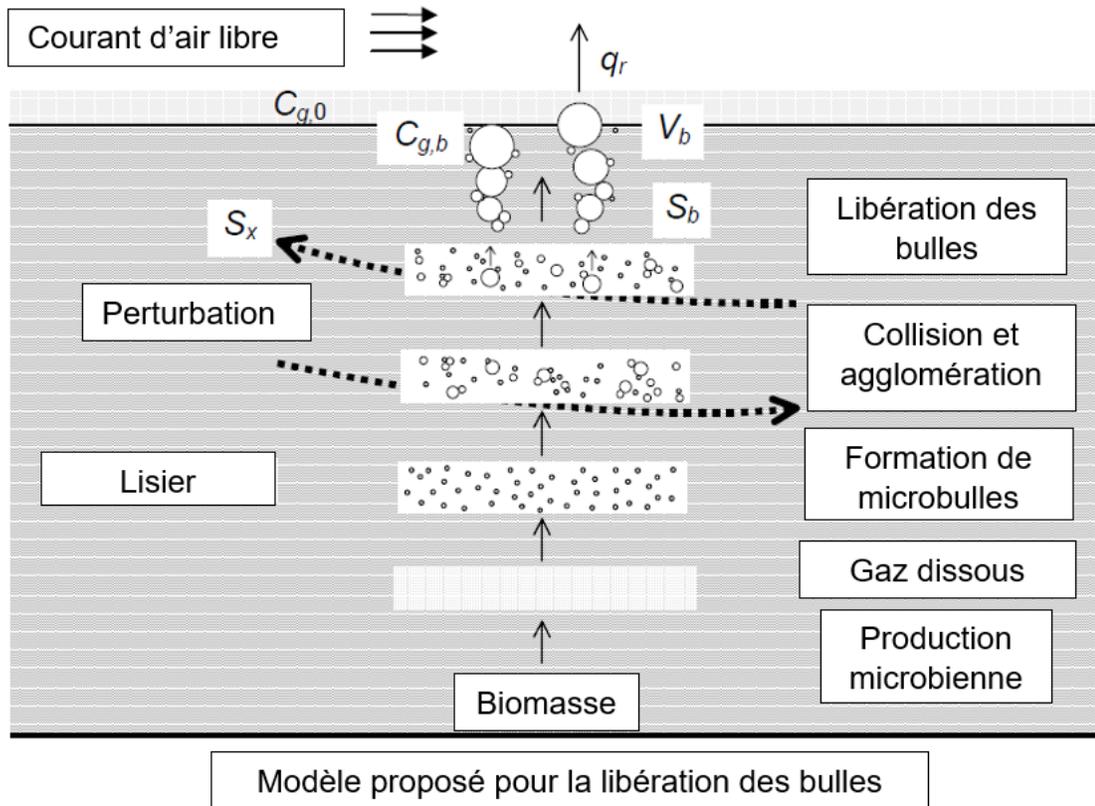


Fig. 14 - Schéma du dégazage du H_2S

Source : Mechanisms of Gas Releases from Swine Wastes, modifié par CNESST

Exposition au sulfure d'hydrogène (H_2S) et effets sur le travailleur

Le H_2S est rapidement absorbé par les voies respiratoires. En se fixant au fer présent dans l'hémoglobine, servant au transport de l'oxygène, le H_2S est rapidement distribué dans tout l'organisme par la circulation sanguine. Il interfère également dans la respiration cellulaire, puisqu'en présence de H_2S , la concentration d'oxygène transportée dans le sang diminue, ce qui endommage les organes comme le cerveau, les reins et le cœur. Ce mode d'action du H_2S est compatible avec les lésions observées chez le travailleur. Le manque d'oxygène dans certains organes a causé des séquelles importantes et irréversibles chez celui-ci.

Des cas d'exposition accidentelle à une concentration supérieure à 500 ppm de H_2S démontrent une perte de conscience suivie d'un coma, des troubles respiratoires (dyspnée et cyanose), un œdème pulmonaire, des troubles du rythme cardiaque et des modifications de la tension artérielle. L'inhalation de fortes concentrations de H_2S peut entraîner ce type d'effet sur une période allant de quelques secondes à quelques minutes. Ces lésions sont compatibles à celles observées chez le travailleur.

Tableau de la concentration H₂S vs effets sur l'humain

Concentration (ppm)	Temps (min)	Effets probables et valeurs d'exposition	Références
0,001-0,13	< 1	Détection olfactive	Reptox
5-30		Irritation modérée des yeux	ACGIH, Patty's
8		VEMP	RSST
10		Valeur Plafond	RSST
50	30	Conjonctivite aiguë : douleur, larmolement et photophobie pouvant évoluer vers une kératoconjonctivite et une vésiculation de l'épithélium cornéen.	ACGIH Aaron Skolnik and C. W.
100		DIVS	NIOSH
100-1 000		Effets sérieux sur le système respiratoire, le système nerveux central et cardio-vasculaire.	ACGIH
150-200	2-15	Paralysie du nerf olfactif	ACGIH, Patty's OMS
100-200			
200	1	Toxicité sévère	Aaron Skolnik and C. W.
≥500		Perte de conscience, coma parfois convulsif, troubles respiratoires (dyspnée, cyanose), œdème pulmonaire, trouble du rythme cardiaque, hypotension, mort.	ATSDR INRS
600	30	Mort	Aaron Skolnik and C. W.
800	0		
> 1000	Instantané	Mort	INRS

Règlementation (normes, code, lois, publications, etc.)*Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST)*

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;*
- 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 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;*
- 9° Informer adéquatement le travailleur sur les risques reliés à son travail et lui assurer la formation, l'entraînement et la supervision appropriés afin de faire en sorte que le travailleur ait l'habileté et les connaissances requises pour accomplir de façon sécuritaire le travail qui lui est confié;*

Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST)

5. *État de fonctionnement des équipements : Tout équipement utilisé ou installé dans un établissement aux fins de prévenir l'émission de gaz, de fumées, de vapeurs, de poussières et de brouillards, d'assurer les conditions d'éclairage, de ventilation, de température, de salubrité et d'hygiène prescrites par le présent règlement ou d'assurer des conditions sonores ou thermiques conformes aux exigences du présent règlement doit toujours être en état de fonctionnement et doit fonctionner de façon optimale pendant les heures d'exploitation de l'établissement de manière à assurer le rendement pour lequel il a été conçu.*

40. *Aucun travailleur ne doit être exposé :*

2° À des gaz, des fumées, des vapeurs, des poussières ou des brouillards, au-delà des limites prévues à l'annexe I.

41. *Afin de respecter les valeurs prévues à l'article 40, l'employeur doit contrôler ou améliorer la qualité de l'air en éliminant un contaminant de l'air ou en remplaçant une matière dangereuse, tel que prévu à l'article 39. À défaut, il doit prendre d'autres mesures en privilégiant les suivantes :*

- 1° Le confinement, de manière à empêcher la source de contamination d'atteindre le travailleur ou d'affecter le pourcentage d'oxygène;*
- 2° Le contrôle des procédés tel que l'abattement de la poussière ainsi que l'installation ou l'amélioration de la ventilation locale et ensuite, de la ventilation générale de l'établissement.*

De plus, de telles mesures doivent être prises par l'employeur lors de la conception, de l'aménagement ou de la modification d'un établissement.

45. Appareil de protection respiratoire : *L'employeur doit fournir aux travailleurs un appareil de protection respiratoire dans les cas suivants :*

- 1° durant la période nécessaire à la réalisation d'une mesure prévue à l'article 41;*
- 2° lors d'une situation d'urgence où les valeurs prévues à l'article 40 ne sont pas respectées;*
- 3° si aucune mesure ne permet de respecter les valeurs prévues à l'article 40.*

101. Nécessité : *Les établissements doivent être adéquatement ventilés, soit par des moyens naturels, soit par des moyens mécaniques, et les courants d'air excessifs doivent être évités. Les systèmes et les moyens de ventilation utilisés doivent être conçus, construits et installés conformément aux règles de l'art qui prévalent au moment de leur installation.*

Sauf dans le cadre de travaux prévus à l'article 41.1, tout poste de travail doit être ventilé de façon à respecter les normes prévues à l'article 40.

D. 885-2001, a. 101; D. 49-2022, a. 12.

ANNEXE I

(a. 41, 42, 43, 66, 108 et 302)

VALEURS D'EXPOSITION ADMISSIBLES DE GAZ, POUSSIÈRES, FUMÉES, VAPEURS OU BROUILLARDS DANS LE MILIEU DE TRAVAIL

Partie 1

VALEURS D'EXPOSITION ADMISSIBLES DES CONTAMINANTS DE L'AIR

<i>Substance</i>	<i>[#CAS]</i>	<i>VEMP</i>		<i>VECD/Plafond</i>		<i>Notations et remarques</i>
		<i>ppm</i>	<i>mg/m³</i>	<i>ppm</i>	<i>mg/m³</i>	
<i>Sulfure d'hydrogène</i>	<i>[7783-06-4]</i>	8		P10		

4.3 Énoncés et analyse des causes

4.3.1 La digestion microbienne anaérobie des matières organiques dans le bassin de traitement des boues, attribuable à l'arrêt de l'aérateur pendant environ deux mois, a généré une concentration de sulfure d'hydrogène (H₂S) supérieure à 500 ppm, laquelle fut libérée lors de la remise en marche de l'aérateur, intoxiquant le travailleur se trouvant à proximité des deux bassins lors de travaux de traitement de l'eau.

La pompe de l'aérateur du bassin de traitement des boues est tombée en panne en juin 2023. Elle a été réparée, mais n'est remise en marche que de façon intermittente à cause des fuites d'huiles ou par choix du A .

À partir du début novembre, l'aérateur du bassin de traitement des boues est à l'arrêt. Des réparations sont effectuées par un mécanicien sur place en début décembre, mais A ne peut redémarrer l'aérateur puisque le bassin de traitement des boues est plein et l'aérateur risque de s'endommager. Durant cette période, les boues, composées de matières organiques et contenant des sulfates, s'accumulent dans un environnement anaérobie qui favorise la formation d'une quantité importante de H₂S par l'action des bactéries sulfato-réductrices présentes dans le bassin de traitement des boues.

Le 28 décembre, A décide de redémarrer l'aérateur du bassin de traitement des boues. Il abaisse d'abord le niveau de ce bassin durant la journée.

Vers 16 h, A met en marche l'aérateur du bassin de traitement des boues. Ce dernier génère environ 600 m³/h d'air qui libère le H₂S emmagasiné dans les boues. Sachant que le volume d'air du bâtiment est d'environ 500 m³, l'air du bâtiment est rapidement contaminé.

Vers 16 h 20, A confie au travailleur les tâches d'arrêt de la purge des boues et la remise en marche de l'aérateur du bassin de traitement de l'eau. Il lui demande aussi de déverser 200 l de désinfectant dans le bassin de traitement de l'eau en raison de la présence de bactéries nuisibles à la décantation des matières organiques en suspension.

Autour de 16 h 35, le travailleur effectue les deux premières tâches. Il est aperçu, vers 17 h 30, en train de mettre les contenants pleins de désinfectant dans la caisse arrière de la camionnette dans le but de se rendre au bâtiment de traitement de l'eau.

Durant le déversement des trois premiers contenants de désinfectant dans le bassin de traitement de l'eau depuis la passerelle, ce qui dure environ cinq minutes, le travailleur est exposé à une concentration de plus de 500 ppm de H₂S. Il est retrouvé inconscient vers 21 h 20, sur le plancher de la mezzanine aménagée à l'extérieur des bassins de traitement.

De ce fait, la digestion microbienne anaérobie des matières organiques dans le bassin de traitement des boues, attribuable à l'arrêt de l'aérateur pendant environ deux mois, a généré une concentration de H₂S supérieure à 500 ppm, laquelle fut libérée lors de la remise en marche de

l'aérateur, intoxiquant le travailleur se trouvant à proximité des deux bassins lors de travaux de traitement de l'eau.

Cette cause est retenue.

4.3.2 La méthode de travail est déficiente et fait en sorte que le travailleur se retrouve exposé à une atmosphère dangereuse, à proximité des deux bassins, lors de travaux de traitement de l'eau.

L'établissement est équipé d'un système de traitement de l'eau depuis 2005, le risque d'émission de H₂S dans ce procédé n'est pas identifié au programme de prévention de l'établissement. Le risque n'est pas connu dans le milieu de travail. Le phénomène de formation de H₂S lors d'un arrêt prolongé et le danger d'exposition à ce gaz ne sont pas identifiés et par conséquent aucune méthode de travail sécuritaire n'est mise en place.

Le 28 décembre 2023, A [REDACTED] veut procéder au redémarrage du bassin de traitement des boues. Il transfère le surnageant dans le bassin de traitement de l'eau pour y faire un traitement. Vers 16 h, A [REDACTED] met en marche l'aérateur du bassin de traitement des boues qui est à l'arrêt depuis plusieurs semaines, ce qui provoque l'expulsion du H₂S et la contamination de l'air du bâtiment de traitement de l'eau à des concentrations de plus de 500 ppm, ce qui représente une atmosphère dangereuse.

L'article 40 du RSST stipule qu'aucun travailleur ne doit être exposé à des gaz au-delà des limites prévues, soit à 8 ppm (VEMP) ou à 10 ppm (valeur plafond) pour le H₂S. Afin de respecter ces valeurs d'exposition, l'employeur doit contrôler ou améliorer la qualité de l'air en contrôlant les contaminants. À cet effet, la ventilation générale est un moyen de contrôle prévu à l'article 41 du RSST.

Un extracteur est présent pour contrôler l'humidité dans le bâtiment de traitement de l'eau. Celui-ci est à l'arrêt lors des activités de traitement de l'eau le 28 décembre. Il est déconnecté et ne peut être utilisé. Les aérateurs des bassins génèrent un apport d'air dans le bâtiment principal et l'air peut s'évacuer par les ouvertures. Cette ventilation s'avère insuffisante pour contrôler les concentrations de H₂S en deçà des valeurs d'exposition admissibles le jour de l'accident.

Le H₂S a une odeur caractéristique d'œufs pourris à de très faibles concentrations, soit à environ 0,001-0,13 ppm et l'odeur ne peut être un signe d'avertissement fiable et adéquat à une exposition dangereuse puisqu'une concentration entre 100 et 150 ppm bloque les récepteurs olfactifs. À ces niveaux, on se retrouve dans une situation de danger immédiat pour la vie ou la santé (DIVS) et des effets à la santé sont possibles selon la littérature. Il est alors nécessaire d'utiliser un détecteur de gaz pour s'assurer du respect des valeurs d'exposition admissibles. Au moment de l'accident, le travailleur accède au bâtiment sans prise de mesure du H₂S dans l'air, puisqu'aucun équipement de détection du H₂S n'est en place.

Selon l'article 45.3 du RSST, lorsque nous n'avons aucune mesure de contrôle permettant de respecter les valeurs prévues, l'employeur doit fournir une protection respiratoire. Au moment de l'accident, aucune protection respiratoire n'est portée par le travailleur.

En l'absence de ventilation suffisante, de détection et de protection respiratoire, le travailleur, durant le déversement des trois premiers contenants du désinfectant qui dure environ cinq minutes, est exposé à une concentration de plus de 500 ppm de H₂S. Il est retrouvé, inconscient, vers 21 h 20, sur le plancher de la mezzanine aménagée à l'extérieur des bassins de traitement.

De ce fait, la méthode de travail est déficiente et fait en sorte que le travailleur se retrouve exposé à une atmosphère dangereuse à proximité des deux bassins lors de travaux de traitement de l'eau.

Cette cause est retenue.

SECTION 5

5 CONCLUSION

5.1 Causes de l'accident

L'enquête a permis de retenir les deux causes suivantes pour expliquer l'accident :

- La digestion microbienne anaérobie des matières organiques dans le bassin de traitement des boues, attribuable à l'arrêt de l'aérateur pendant environ deux mois, a généré une concentration de sulfure d'hydrogène (H₂S) supérieure à 500 ppm, laquelle fut libérée lors de la remise en marche de l'aérateur, intoxiquant le travailleur se trouvant à proximité des deux bassins lors de travaux de traitement de l'eau.
- La méthode de travail est déficiente et fait en sorte que le travailleur se retrouve exposé à une atmosphère dangereuse à proximité des deux bassins lors de travaux de traitement de l'eau.

5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le 29 décembre 2023, une décision est émise à l'employeur Les patates Turcot inc. ordonnant la fermeture et l'interdiction d'accès au bâtiment servant au traitement de l'eau. Cette décision est consignée au rapport d'intervention RAP1452491.

La CNESST exige la mise en place d'un moyen pour détecter la présence de sulfure d'hydrogène (H₂S) dans le bâtiment, l'élaboration d'une procédure sécuritaire de travail et la transmission de l'information aux travailleurs. L'employeur devra également assurer la supervision nécessaire à la réalisation des tâches selon la procédure établie. La CNESST exige aussi de faciliter l'accès au commutateur de mise en marche de l'extracteur en l'installant à l'entrée du bâtiment au lieu d'être installé à la mezzanine. Ces mesures visent à contrôler les dangers pour les travailleurs et les sous-traitants qui accèdent au bâtiment de traitement de l'eau.

Le 17 janvier 2024, l'employeur fait l'acquisition d'un détecteur multigaz portatif de type professionnel, reçoit l'information du fournisseur et des pompiers sur son mode de fonctionnement et élabore une procédure sécuritaire d'entrée dans le bâtiment de traitement de l'eau. La reprise des travaux est alors autorisée et est consignée dans le rapport d'intervention RAP1454181.

5.3 Recommandations/Suivis de l'enquête

À titre préventif et aux fins d'informations, la CNESST transmettra son rapport d'enquête aux associations sectorielles paritaires, à l'Association des entreprises spécialisées en eau du Québec au sein de Réseau Environnement, au syndicat des Producteurs de pommes de terre du Québec, au regroupement Propur, à l'Union des producteurs agricoles, à l'Association canadienne de sécurité agricole, au conseil de la transformation alimentaire du Québec et aux gestionnaires de mutuelles afin qu'ils informent leurs membres pouvant être concernés par l'enquête et ses conclusions.

Dans l'objectif de sensibiliser les futurs travailleurs, le rapport d'enquête sera acheminé au ministère de l'Éducation qui en assurera la diffusion dans les établissements de formation offrant le programme d'étude : DEC Technologie de l'eau, DEP Conduite de procédés de traitement de l'eau et AEC Formation gestion et assainissement des eaux.

ANNEXE A**Accidenté**

Nom, prénom : C

Sexe : Masculin

Âge :

Fonction habituelle :

Fonction lors de l'accident : Travailleur au traitement de l'eau

Expérience dans cette fonction :

Ancienneté chez l'employeur :

Syndicat : Non

ANNEXE B**Liste des personnes interrogées**

Monsieur A [REDACTED], Les patates Turcot inc.

Monsieur B [REDACTED], Les patates Turcot inc.

Madame D [REDACTED], Les patates Turcot inc.

Monsieur E [REDACTED], Les patates Turcot inc.

Monsieur F [REDACTED], Les patates Turcot inc.

Monsieur G [REDACTED], Les patates Turcot inc.

Monsieur H [REDACTED], Les patates Turcot inc.

Intervenants sur les lieux et membres de l'équipe du service de sécurité incendie
de Saint-Lin-Laurentides

ANNEXE C**Références bibliographiques**

CORDIER, Léo. *Étude spécifique de la problématique du sulfure d'hydrogène dans les réseaux d'assainissement : mémoire de fin d'étude : mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES*, Strasbourg, France, ENGEES, 2021, 79 p.

[<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03601735/document>].

WILLEY, J.M., L.M. SHERWOOD, et C.J. WOOLVERTON. *Microbiologie de Prescott*, 5^e édition, Louvain-la-Neuve, Belgique, De Boeck Supérieur, 2018, p. 530-531.

COMMISSION DES NORMES, DE L'ÉQUITÉ, DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL. *Répertoire toxicologique : fiche complète pour Sulfure d'hydrogène*, [En ligne], 2024. [https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4143] (Consulté le 30 avril 2024).

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. *Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices / Documentation of TLV's and BEI's*, 7th ed., Cincinnati, Ohio, ACGIH, 2001-, 3 v.

BINGHAM, E., B. COHRSSSEN, et C.H. POWELL. *Patty's toxicology*, 5th edition, New York, Toronto, John Wiley & Sons, 2001-, 9 v.

QUÉBEC. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, r. 13, à jour au 1^{er} janvier 2024*, [En ligne], 2024. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/s-2.1,%20r.%2013>] (Consulté le 30 avril 2024).

QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 20 février 2024*, [En ligne], 2024. [<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/s-2.1>] (Consulté le 30 avril 2024).

SKOLNIK, A., et C.W. HEISE. « Hydrogen sulfide », dans BRENT, J. et autres. *Critical care toxicology*, [New York], Springer, 2016, p. 1-10. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-20790-2_143-1].

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. *Immediately dangerous to life or health (IDLH) values*, [En ligne], 1994.

[<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>] (Consulté le 1er mai 2024).

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. *Toxicological profile for hydrogen sulfide and carbonyl sulfide*, Washington D.C., US Department of Health and Human Services, 2016, 1 v. [<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp114.pdf>].

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ. *Sulfure d'hydrogène*, Paris, INRS, 2024, 3 p. (Fiche toxicologique synthétique ; 32).

[https://www.inrs.fr/dms/ficheTox/FicheFicheTox/FICHETOX_32-2/FicheTox_32.pdf].

INGERSOLL RAND INDUSTRIAL TECHNOLOGIES. *Hibon silentflow : groupes surpresseurs d'air pression et vide*, Dorval, Ingersoll Rand Industrial Technologies, 2010, 7 p.

NI, Ji-Qin, et autres. *Mechanism of gas release from liquid swine wastes*, St-Joseph, Michigan, ASAE, 2001, 22 p. (ASAE meeting presentation; 01-4091).