



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Inspection générale de l'environnement
et du développement durable
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
sur les Risques Industriels



Rapport d'enquête

Suite à une fuite de chlore au sein
de la société KEM ONE sur la
commune de Fos-sur-Mer (13) le 28
avril 2025

Bordereau documentaire

Organisme auteur : Bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI)

Titre du document : Rapport d'enquête suite à une fuite de chlore au sein de la société KEM ONE sur la commune de Fos-sur-Mer (13) le 28 avril 2025

N° : MTE-BEARI-2026-01

Date du rapport : 29/01/2026

Proposition de mots-clés : chlore, fuite

Avertissement

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement.

Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents. Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité. Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

Au titre de ce rapport on entend par :

- Cause de l'accident : toute action ou événement de nature technique ou organisationnelle, volontaire ou involontaire, active ou passive, ayant conduit à la survenance de l'accident. Elle peut être établie par les éléments collectés lors de l'enquête, ou supposée de manière indirecte. Dans ce cas le rapport d'enquête le précise explicitement.
- Facteur contributif : élément qui, sans être déterminant, a pu jouer un rôle dans la survenance ou dans l'aggravation de l'accident.
- Enseignement de sécurité : élément de retour d'expérience tiré de l'analyse de l'évènement. Il peut s'agir de pratiques à développer car de nature à éviter ou limiter les conséquences d'un accident, ou à éviter car pouvant favoriser la survenance de l'accident ou aggraver ses conséquences.
- Recommandation de sécurité : proposition d'amélioration de la sécurité formulée par le BEA-RI, sur la base des informations rassemblées dans le cadre de l'enquête de sécurité, en vue de prévenir des accidents ou des incidents. Cette recommandation est adressée, au moment de la parution du rapport définitif, à une personne physique ou morale qui dispose de deux mois à réception, pour faire part au BEA des suites qu'elle entend y donner. La réponse est publiée sur le site du BEA-RI.

Synthèse

Le lundi 28 avril 2025, deux opérateurs de la société ORTEC procèdent, sous la surveillance d'un opérateur KEM ONE, à des travaux de maintenance au sein de l'unité Evaporation du chlore du site industriel exploité par KEM ONE à Fos-sur-Mer (13). Les travaux consistent à retirer un ensemble disque de rupture / soupape sur un piquage en DN25 (appelé ci-après trident) sur une tuyauterie de chlore liquide.

La tuyauterie a été consignée et préparée par l'exploitant en vue de l'opération. En outre, le dispositif est isolé en amont par fermeture d'une vanne manuelle. La manchette est fixée sur une bride.

Alors que l'opération a débuté depuis quelques dizaines de minutes, par la découpe des boulons, l'opérateur tire vers le haut le trident en appliquant des mouvements de balancier d'avant en arrière. C'est à ce moment que l'ensemble se désolidarise brutalement de la vanne libérant un jet vertical de chlore liquide.

À l'issue de cette enquête, le BEA-RI attribue la cause initiale de l'accident au dysfonctionnement de la vanne de sectionnement censée isoler le piquage en DN25 du reste de la tuyauterie de chlore. Le BEA-RI relève en outre que l'application des règles en place au sein de la société pour l'ouverture des tuyauteries de produits dangereux aurait permis d'éviter la survenue d'un tel accident. C'est la raison pour laquelle le non-respect de l'instruction technique est aussi retenu comme cause de l'accident.

Le bureau retient en outre un nombre significatif de facteurs contributifs en matière d'instruction et de validation des autorisations de travaux, de vérifications croisées, de défaut d'entretien des vannes, de baisse de la vigilance, de mode opératoire de démontage et de protection des personnels.

Dans ce rapport, sont formulés des enseignements de sécurité sur l'intérêt de la vérification croisée client / sous-traitant de la mise en sécurité de l'installation ou bien encore en matière de port de l'appareil de protection respiratoire.

Enfin, le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'attention de l'exploitant KEM ONE:

- Veiller à la bonne mise en œuvre de l'instruction relative à l'ouverture des circuits en impliquant l'ensemble des personnels chargés de préparer et de mettre en œuvre les opérations, renforcer l'instruction et la validation des autorisations de travaux dans le cas des interventions comportant des ouvertures de circuit ;
- Réinterroger le processus permettant aux salariés de signaler des difficultés de mise en œuvre ou les situations de dangers dans les actions qui leur sont confiées ;
- Mettre en place une procédure de vérification croisée exploitant/sous-traitant des mises à disposition des installations ;
- S'assurer avant toute intervention en zone à risques que les personnels respectent les consignes des fabricants des équipements de protection respiratoire et les consignes d'utilisation données en formation ;

- Réexaminer la stratégie de mise à l'abri des salariés en cas d'événement sur le site pour les personnels évoluant dans les zones susceptibles d'être impactées par une fuite de chlore en étudiant l'intérêt du port de masque de fuite ;
- Réaliser régulièrement des exercices avec les sapeurs-pompiers et proposer la mise à jour du plan ETARE compte tenu des évolutions de l'établissement au cours de ces dernières années.

Le Bureau émet également les recommandations suivantes à destination de la société ORTEC :

- Avant chaque démarrage du chantier, outre les vérifications liées à la bonne exécution en sécurité de l'autorisation de travaux, en amont et à l'occasion du briefing de sécurité, contrôler en présence du client la bonne mise à disposition de l'équipement (par exemple : absence de pression, absence de produit, coupure des énergies, ...) ;
- Préconiser le port du masque pour tous les opérateurs présents sur la zone de travaux, de sorte à pouvoir faciliter à tout moment l'intervention et, à titre exceptionnel, à pouvoir venir en aide en cas de problème ;
- Recourir autant que possible au démontage contrôlé par remplacement progressif des boulons ;
- S'assurer avant toute intervention en zone à risques que les employés respectent les consignes des fabricants des équipements de protection respiratoire et les consignes d'utilisation données en formation.

Sommaire

I.	Rappel sur l'enquête de sécurité	8
II.	Constats immédiats et engagement de l'enquête	8
II.1	Les circonstances de l'accident.....	8
II.2	Le bilan de l'accident.....	9
II.3	Les mesures prises après l'accident	9
II.4	L'engagement et l'organisation de l'enquête.....	10
III.	Contextualisation.....	10
III.1	Le groupe.....	10
III.2	Le site de Fos-sur-Mer / Vauvert	12
III.3	L'installation impliquée dans l'accident.....	13
IV.	Déroulement de l'évènement.....	15
IV.1	Déclenchement de l'évènement	15
IV.2	L'intervention des secours publics	16
V.	Compte-rendu des investigations menées	17
V.1	Reconnaissance de terrain.....	17
V.1.1	<i>L'instruction relative à l'ouverture d'un circuit.....</i>	17
V.1.2	<i>La supervision des interventions externes</i>	19
V.1.3	<i>Le contexte de l'intervention</i>	19
V.1.4	<i>L'état de l'installation au moment de l'intervention.....</i>	20
V.1.5	<i>L'examen de l'autorisation de travaux</i>	20
V.1.6	<i>La mise à disposition réelle de l'installation</i>	21
V.1.7	<i>L'intervention des sous-traitants.....</i>	23
V.1.8	<i>Expertise de la vanne D03205.....</i>	24
V.1.9	<i>La mise à l'abri des personnels</i>	25
VI.	Conclusions sur le scénario de l'évènement.....	25
VI.1	Scénario.....	25
VI.2	Facteurs contributifs	27
VI.2.1	<i>Les informations erronées de l'autorisation de travaux</i>	27
VI.2.2	<i>L'absence de plan de vannage.....</i>	27
VI.2.3	<i>Le délai de délivrance de l'autorisation de travaux.....</i>	27
VI.2.4	<i>Le nombre d'interventions et le temps de préparation des interventions.....</i>	28
VI.2.5	<i>Les absences de vérifications croisées de la mise en sécurité de la ligne</i>	28
VI.2.6	<i>Le défaut d'entretien et l'absence de vérification de la vanne</i>	29
VI.2.7	<i>L'historique d'intervention.....</i>	29
VI.2.8	<i>Le mode de démontage de la manchette.....</i>	29
VI.2.9	<i>L'absence de binôme protégé.....</i>	30
VI.2.10	<i>La stratégie de mise à l'abri des personnels.....</i>	30
VI.2.11	<i>Les postes de commandement exploitant PCEx (s).....</i>	31
VII.	Enseignements de sécurité.....	31

VII.1 L'intérêt de la vérification croisée client / sous-traitant.....31

VII.2 Le port de l'appareil de protection respiratoire.....31

VII.3 La cohérence des règles de sécurité32

VIII. Recommandations de sécurité..... 32

 VIII.1 À destination de l'exploitant KEM ONE.....32

 VIII.2 À destination de la société ORTEC33

Rapport d'enquête

Suite à une fuite de chlore au sein de la société KEM ONE sur la commune de
Fos-sur-Mer (13) le 28 avril 2025

I. Rappel sur l'enquête de sécurité

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport est réalisée dans le cadre des articles L. 501-1 à L. 501-19 du Code de l'Environnement. Cette enquête a pour seul objet de prévenir de futurs accidents.

Sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête judiciaire qui peut être ouverte, elle consiste à collecter et analyser les informations utiles, à déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'évènement, de l'accident ou de l'incident et, s'il y a lieu, à établir des recommandations de sécurité.

Elle ne vise pas à déterminer des responsabilités. La gestion post accidentelle des conséquences de l'accident ne relevant pas à proprement parler de l'enquête technique du BEA-RI, ce sujet ne sera pas détaillé davantage dans le présent rapport.

Enfin, il est rappelé que toute utilisation du présent rapport à des fins autres que la prévention des risques pourrait entraîner des interprétations erronées.

II. Constats immédiats et engagement de l'enquête

II.1 Les circonstances de l'accident

Le lundi 28 avril 2025 vers 14h10, alors qu'une intervention de maintenance a lieu au sein de l'atelier Chlore Soude du site KEM ONE de Fos-sur-Mer, un opérateur entre en contact par radio avec la salle de contrôle de l'atelier et demande le déclenchement du plan d'opération interne (POI) en raison d'une fuite de chlore liquide.

Le POI est déclenché et les personnels gagnent les points de regroupement prévus à cet effet.

Dans le même temps, des détecteurs répartis sur le site confirment la présence d'un nuage de chlore.

Une équipe de trois opérateurs KEM ONE équipés d'appareils respiratoires interviennent sur la fuite qui est stoppée à 14h25. Elle aura donc duré une quinzaine de minutes.



Photographie 1 : Entrée du site (Crédit : Maritima)

II.2 Le bilan de l'accident

L'accident n'a entraîné aucune conséquence pour l'environnement et n'a présenté aucun risque pour les riverains aux abords du site. La société Lyondellbasell, située dans l'axe du vent, a été confinée durant le temps de l'événement.

330 employés travaillaient sur le site au moment de l'accident. Durant l'intervention, plusieurs personnes seront conduites successivement à l'infirmerie de l'usine, et seront prises en charge par un opérateur ayant été sapeur-pompier volontaire¹.

Treize victimes seront recensées, dont neuf seront transportées dans des hôpitaux de la région. Sept personnes sortiront le soir même tandis que deux autres sortiront le lendemain.

Sur les treize personnes concernées, onze appartiennent à des sociétés sous-traitantes et deux sont des employés de KEM ONE.

Le personnel du site a été confiné sur place durant environ une heure.

II.3 Les mesures prises après l'accident

Un arrêté préfectoral de mesures d'urgence a été pris par le Préfet des Bouches-du-Rhône le 30 avril 2025, exigeant notamment que toutes les étapes prévues dans la procédure d'ouverture de circuit, mise en œuvre lors de l'évènement du 28 avril 2025, soient analysées dans le rapport d'accident produit au regard de cet évènement.

¹ Solution mise en place compte-tenu de l'absence ponctuelle de l'infirmière habituellement en poste.

II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête

Au vu des circonstances et du contexte de l'accident, le directeur du bureau d'enquêtes et d'analyses sur les risques industriels (BEA-RI) a décidé de l'ouverture d'une enquête technique le 29 avril 2025.

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont donc rendus sur site le vendredi 23 mai 2025 afin de procéder aux premières investigations et entretiens avec les responsables de l'usine. Ils ont, par la suite, mené des entretiens avec les différents opérateurs impliqués dans l'accident, ainsi qu'avec les personnels d'une entreprise sous-traitante.

Ils ont recueilli les témoignages et les déclarations des acteurs impliqués dans l'évènement et dans sa gestion. Ils ont eu, consécutivement à ces entretiens et aux réunions techniques organisées par la suite, communication des pièces et documents nécessaires à leur enquête.

III. Contextualisation

III.1 Le groupe

En 1853, la construction du pôle industriel de la Vallée de la chimie a vu l'implantation de l'actuel site de production KEM ONE de Saint-Fons (69), où est situé le siège social de l'entreprise. Le site de Fos-sur-Mer a quant à lui vu sa construction se réaliser de 1915 à 1918.

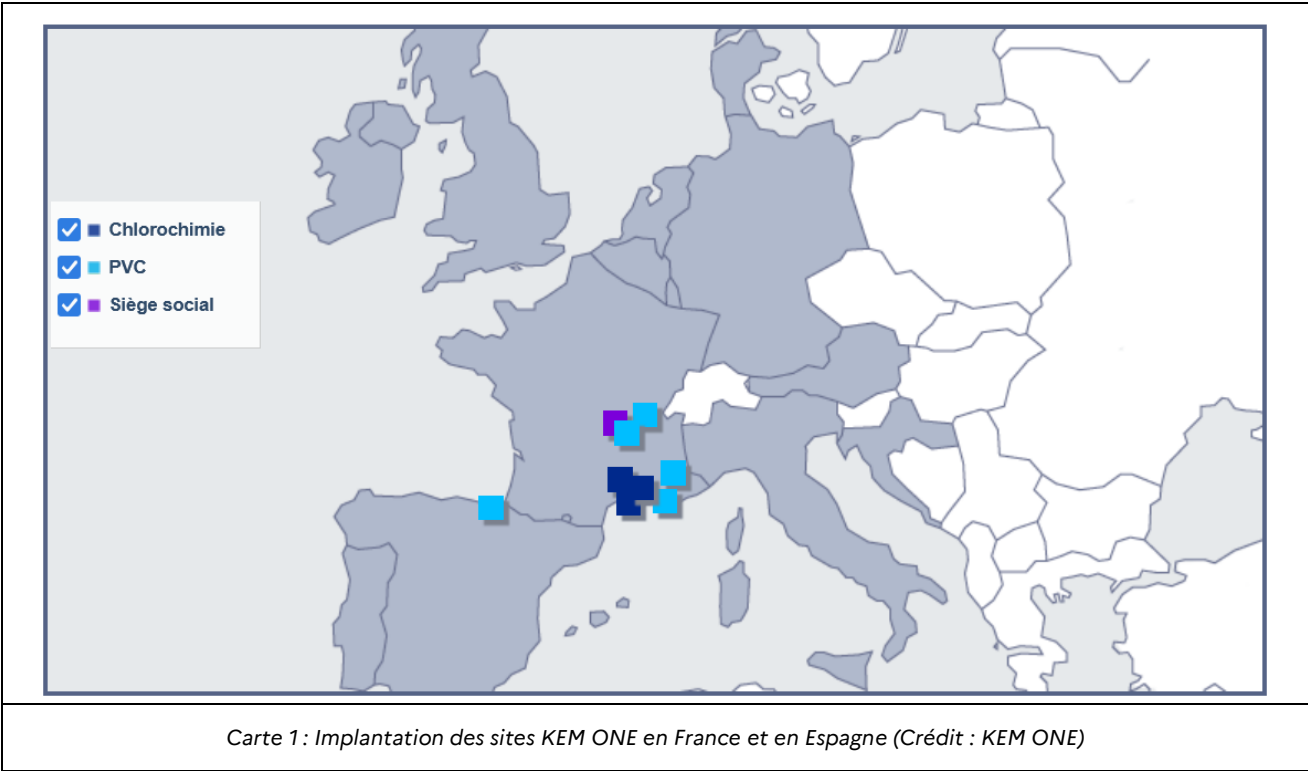
Au début des années 1970, l'achat des terrains et le forage des premiers puits du site d'extraction de sel de Vauvert (30) ont permis la production de soude et de chlore, servant ensuite à la production de chlorure de vinyle monomère (CVM).

Le 2 juillet 2012, KEM ONE est créé après que le groupe Arkema ait cédé ses activités vinyliques. Le siège social sera établi à Lyon (69), et le groupe sera composé de 7 sites de production en France et un en Espagne. KEM ONE, totalement intégré dans la filière vinylique, devient à cette époque le 2^{ème} producteur de PVC en Europe.

En 2021, KEM ONE est cédé au fonds d'investissement américain Apollo Global Management.

Le groupe emploie 1500 salariés et réalise plus de 1,1 milliard d'euros de chiffre d'affaires (2023).

Les sites industriels de KEM ONE sont implantés dans le sud de la France et en Espagne.



À partir de sel, KEM ONE produit d’abord du chlore, de la soude, de l’hydrogène, puis de l’acide chlorhydrique et de l’eau de Javel (hypochlorite de sodium). Le chlore est employé principalement pour la production des chlorométhanés et PVC. Hormis l’eau de Javel, qui est commercialisée comme produit fini, les autres produits, notamment la soude, sont utilisés comme intermédiaires pour les marchés de la fabrication d’aluminium, de cellulose, de pâte à papier, de détergents et savons, ou encore pour le traitement de l’eau.

Les chlorométhanés sont quant à eux des intermédiaires de synthèse utilisés par les secteurs de la pharmacie et de l’agriculture. Ils sont aussi employés en tant que précurseurs de la chaîne des fluorés, pour des applications telles que les panneaux photovoltaïques.

Chlore	660 000 t/ an
Soude	730 000 t/ an
Hydrogène	15 000 t/ an
Eau de Javel	25 000 t/ an
Chlorométhanés	130 000 t/ an
Chlorure d’hydrogène	10 000 t/ an
PVC (polychlorure de vinyle)	800 000 t/ an

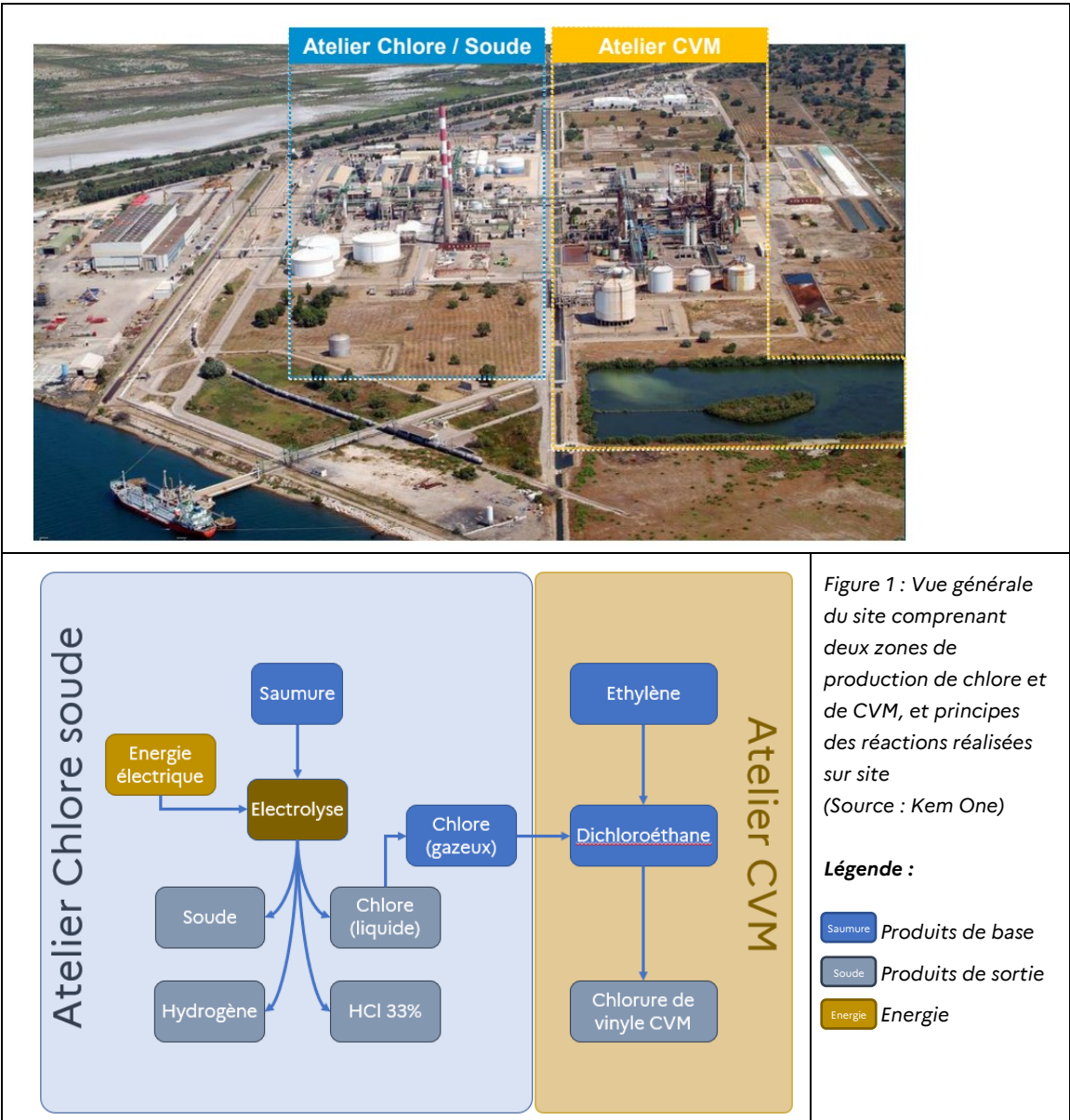
Tableau 1 : Capacités de production nominales du groupe (Crédit : KEM ONE)

III.2 Le site de Fos-sur-Mer / Vauvert

L'établissement de Fos-sur-Mer / Vauvert comprend deux sites de production : Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône), qui se consacre à la production de chlore, de soude et de chlorure de vinyle monomère (CVM) à partir du sel fourni par le site de Vauvert (Gard), dont l'usine est située sur un terrain de 160 ha.

Elle est spécialisée dans l'extraction de sel gemme qu'elle livre sous forme de saumure, acheminée par saumoduc, vers les sites KEM ONE de Fos-sur-Mer et de Lavéra. Par électrolyse du sel, les ateliers de Fos-sur-Mer produisent du chlore, de la soude et de l'hydrogène. Le chlore obtenu est consommé sur place, pour fabriquer du CVM, par réaction sur l'éthylène.

Le CVM produit est ensuite livré - pour moitié environ – au site KEM ONE de Berre (Bouches-du-Rhône). Le reste est expédié par barges vers le site de Saint-Fons (Rhône) où il est transformé en PVC.



III.3 L'installation impliquée dans l'accident

L'accident s'est produit au sein de l'atelier chlore-soude, au niveau de la transformation du chlore liquide en chlore gazeux avant distribution vers l'atelier CVM et la synthèse d'acide chlorhydrique.

Le chlore liquide stocké dans le réservoir R1410 est expédié au moyen des pompes P1414 A et B vers les échangeurs E 1410 A et E1410 B en vue d'y être vaporisé par réchauffage. Le chlore gazeux est ensuite distribué dans l'unité de chloration de l'atelier CVM et dans l'unité de synthèse d'acide chlorhydrique (HCl).

La figure ci-dessous présente une vue simplifiée de l'installation.

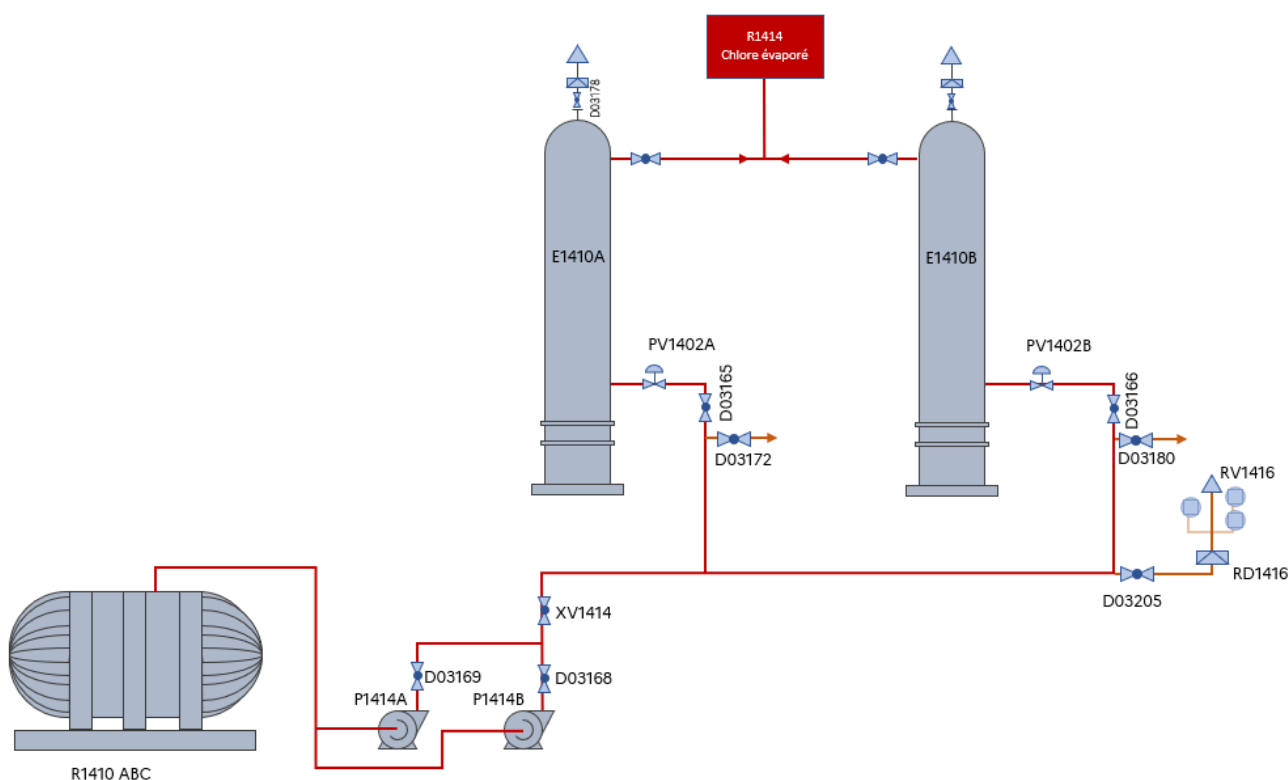


Figure 2 : Schéma simplifié de l'installation de vaporisation du chlore

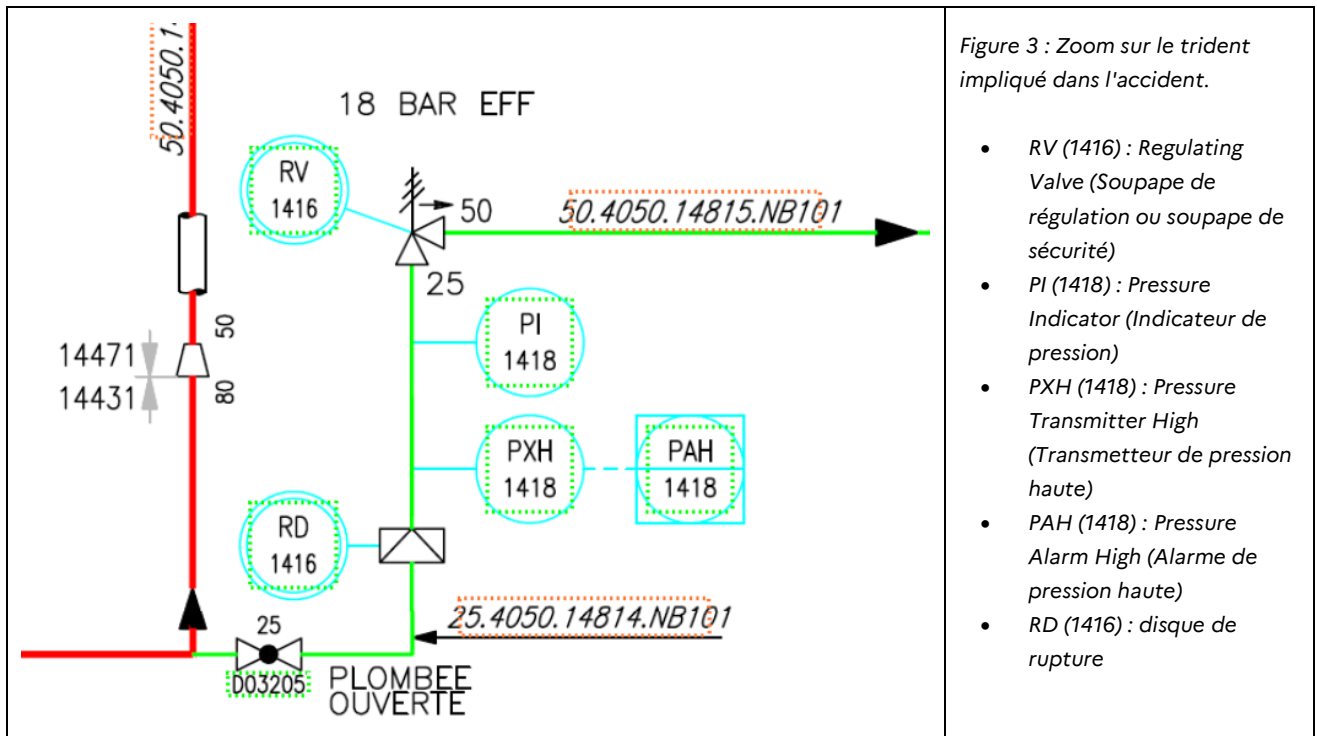
La ligne est équipée de plusieurs vannes d'isolement :

- Les vannes D03169 et D03168 situées respectivement à l'aval des pompes P1414A et B ;
- Les vannes motorisées de process PV 1402A et PV 1402B ;
- Les vannes D03165 et D03166 situées respectivement à l'amont des échangeurs E 1410 A et B.

Conformément aux standards et à la réglementation en vigueur, la tuyauterie de chlore liquide qui peut être isolée par les vannes précitées est équipée d'une soupape de sécurité pour prévenir de tout risque d'endommagement liée à une montée en pression du chlore qu'elle contient. Cette soupape est montée sur un piquage en DN 25 raccordé à la tuyauterie par l'intermédiaire d'une vanne

d'isolement manuelle référencée D03205. Conformément à la réglementation, cette soupape de sécurité est protégée par un disque de rupture. Du fait de la toxicité du chlore, la soupape est collectée².

Le trident (nom attribué du fait de sa forme caractéristique) situé en aval de la vanne d'isolement se compose d'une manchette, d'un disque de rupture, d'une soupape ainsi que d'un jeu d'instruments de mesure de pression et d'alarme montés sur des piquages.



² Une soupape collectée est une soupape reliée à un système de collecte qui évite en cas de fonctionnement de cette dernière que le fluide libéré ne se retrouve rejeté à l'atmosphère.



Photographie 2 : Photo du trident remonté après l'accident



Photographie 3 : Photo du trident déposé (source KEM ONE)

IV. Déroulement de l'évènement

IV.1 Déclenchement de l'évènement

Le lundi 28 avril 2025, deux opérateurs de la société ORTEC procèdent, sous la surveillance d'un opérateur KEM ONE, à des travaux de maintenance au sein de l'unité Evaporation du chlore. Les travaux consistent à retirer un ensemble disque de rupture / soupape relié par une manchette à un piquage en DN25 sur une tuyauterie de chlore liquide. L'ensemble est isolé de la tuyauterie par une vanne manuelle.

La tuyauterie a été consignée et préparée par KEM ONE en vue de l'opération. En outre, le dispositif est isolé en amont par fermeture de la vanne manuelle D03205. La manchette est fixée sur une bride comportant quatre boulons.

L'opérateur commence par tenter de dévisser les boulons. Ces derniers étant rouillés, il demande l'autorisation d'utiliser la disqueuse, ce que valide son chef d'équipe. Après découpe des 4 boulons, il essaye de décoller la manchette. En forçant, la manchette se décolle et un puissant jet de chlore

liquide s'échappe alors de la tuyauterie. Un nuage de couleur jaune/vert caractéristique se forme au droit du lieu des travaux. Il est environ 14h10.

L'opérateur d'ORTEC, qui était en train de réaliser l'opération de démontage sous ARI, est projeté en arrière et se retrouve coincé dans un premier temps avec son équipement sur l'ensemble des tuyauteries situé en arrière. Il réussira à s'extraire seul de cette situation. L'opérateur de KEM ONE, et le second opérateur d'ORTEC, tous deux restés à distance avec un équipement de protection (posé au sol), évacuent la zone. Ils rejoignent la salle de contrôle et transmettent l'alerte.

Le POI est déclenché et les personnels de l'usine se confinent.

Un troisième opérateur d'ORTEC, qui était parti au magasin général du site, revient au même moment au pied de l'unité Evaporation et constate que deux personnes évacuent. L'opérateur principal est en train de descendre de la structure de son côté. Le troisième opérateur ORTEC l'aide alors à rejoindre le point de rassemblement à pied.

L'opérateur KEM ONE initialement présent sur le chantier ainsi que deux opérateurs de l'atelier fabrication CVM situé à proximité s'équipent d'ARI et partent sur zone en reconnaissance. Ils constatent que la nappe s'est estompée et qu'un nuage blanc est présent localement. Ils posent une bride pleine pour obturer la fuite et procèdent à l'ouverture de deux vannes de purge de la tuyauterie afin de finir de dégazer le chlore résiduel par le circuit de dégazage.

La fuite sera arrêtée à 14h25.

Plusieurs opérateurs qui travaillaient à proximité sont touchés par les émanations de chlore. Un pic de concentration de 50ppm sera relevé par trois détecteurs situés entre 50 et 120m du point d'émission. Des relevés de chlore seront réalisés à 14h42 et 14h52 et les valeurs mesurées seront nulles. Le POI est levé à 14h56.

IV.2 L'intervention des secours publics

Les sapeurs-pompiers ont reçu l'appel de KEM ONE à 14h20 et se sont présentés sur le site à 14h36. A leur arrivée, la fuite de chlore était déjà stoppée et 11 victimes étaient présentes à l'infirmerie de l'usine, dont beaucoup de personnels de sous-traitants.

A l'arrivée de l'officier de liaison du SDIS 13, le DOI³ indique que le POI, après avoir été levé une première fois, a été réactivé pour permettre la gestion des personnels exposés. L'officier de liaison prend le commandement des opérations de secours (COS) au regard du nombre de victimes.

³ DOI : Directeur des opérations internes, représentant de l'exploitant en charge de la direction des opérations engagées par l'exploitant avec ses moyens propres.

Le PC exploitant est situé sous le vent lors de l'évènement. Il existe cependant une salle PCex secondaire non située au vent, mais dans la mesure où la fuite de chlore a rapidement été stoppée, cette dernière n'a pas été utilisée.

Les rideaux d'eau situés au-dessus de la fuite de chlore ne se sont pas déclenchés car les détecteurs de chlore asservis à ces derniers, présents au droit du point d'émission n'ont pas détecté de chlore (certainement suite aux conditions de décompression et de dispersion).

Les relevés de toxicité réalisés (détecteur électrochimique avec une cellule chlore) par les sapeurs-pompiers se sont avérés de leur côté nuls ou non significatifs.

Il a été noté par les enquêteurs que l'établissement fait l'objet d'un plan ETARE⁴ dont la dernière révision date de 2015.

V. Compte-rendu des investigations menées

V.1 Reconnaissance de terrain

Les enquêteurs techniques du BEA-RI ont procédé aux premiers constats et mené les premières investigations sur les installations impliquées en présence de représentants de l'exploitant. Ils ont par la suite conduit différents entretiens avec plusieurs entités concernées directement ou indirectement par l'accident. Sans reprendre dans le détail l'ensemble des constatations dressées, les enquêteurs retiennent les éléments marquants suivants.

V.1.1 L'instruction relative à l'ouverture d'un circuit

KEM ONE dispose dans son système qualité d'une instruction de sécurité référencée INS-SEC-020 "Instruction relative à l'ouverture de circuit" qui a pour objet de décrire "les règles de mise à disposition d'équipements pour des opérations de maintenance".

Cette instruction est conforme au guide INRS ED 6109⁵ consacré aux opérations de consignation et de déconsignation quel que soit le type de risque (électrique, fluide ou mécanique).

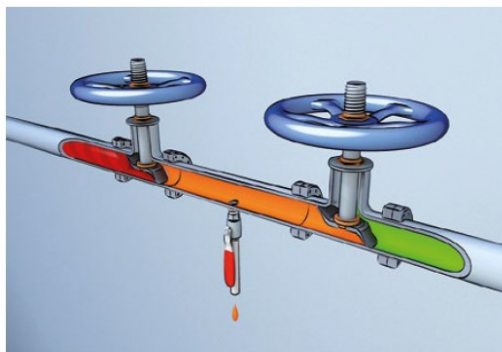
L'instruction précise que toute intervention de maintenance sur un équipement doit faire l'objet d'une analyse de risque. En pratique, cette analyse de risque est formalisée par le remplissage du formulaire d'autorisation de travaux (AT) et plus particulièrement des cadres 2.3 (risques liés à l'intervention), 3.1 (risques liés à l'installation), 3.2 (risques liés à l'environnement de travail), 3.3 (opérations de mise à disposition) et 3.4 (risques résiduels).

⁴ Un plan ETARE (pour "Etablissement Répertoire") est un plan établi par et pour l'usage des services publics qui, outre les plans permettant l'acheminement des moyens de secours sur les lieux (plans de commune, parcellaires...etc.), comporte des dispositions opérationnelles spécifiques qui permettent d'identifier les risques et de prévoir les moyens et actions à mener en cas de sinistre.

⁵ <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206109>

L'instruction précise en outre que les "manœuvres doivent être systématiquement accompagnées de schémas, d'extrait de PID ou de plan de platinage joints à l'autorisation de travail". Elle précise enfin les étapes qui sont censées séquencer la **mise à disposition** de l'équipement :

- **L'isolement** : il est, préférentiellement, et à chaque fois que possible, un « isolement renforcé », ce qui implique la fermeture de deux vannes en série et la purge de la section de tuyauterie située entre les deux vannes.



3. Deux vannes fermées et purge intermédiaire ouverte (procédé d'isolement renforcé R1)

Ce principe de séparation peut être considéré comme efficace sous réserve :

- que le robinet de purge soit effectivement condamné en position ouverte ;
- qu'il n'y ait pas de bouchage, au niveau de cette purge. (Se méfier des produits qui coagulent, cristallisent, prennent en masse, polymérisent et, de façon générale, provoquent un colmatage des canalisations.)

Figure 4 : Extrait du document INRS ED6109 relatif aux consignations et déconsignations. L'illustration représente le mode de consignation prévu par la procédure dans le cas de l'intervention prévue le jour de l'accident.

- **La condamnation, l'identification et la signalisation** : dans le cas des vannes manuelles cela implique leur condamnation par retrait du volant, par pose de PRO-LOCK⁶, de cadenas ou de chaînes. Les systèmes automatiques sont condamnés électriquement ou pneumatiquement.
- **La vidange et la décompression** : Elle doit être précédée d'une analyse de risque pour assurer la protection des personnels (identification du point de rejet, examen de la compatibilité du produit rejeté avec les produits présents dans les égouts, ...) et d'une évaluation de l'impact environnemental pour assurer la protection des tiers et de l'environnement.
- **Le lavage soufflage** : l'étape consiste à éliminer la présence de produit résiduel par soufflage d'azote. Cette phase n'est pas obligatoire et sa mise en œuvre est à apprécier au regard de la conception des circuits.

La vérification de la zéro énergie : Cette étape consiste à contrôler la température, la pression, le pH ou la présence de produit ou de gaz. L'instruction recommande le port d'EPI "adaptés" compte tenu de l'incertitude de la qualité d'exécution des étapes précédentes. Elle recommande également que

⁶ Les PRO-LOCK® sont des câbles de consignation qui permettent une condamnation mécanique, fluide ou électrique. Ils peuvent être coupés à la longueur souhaitée et peuvent verrouiller des vannes, bloquer des interrupteurs ou encore empêcher l'ouverture d'un capot par exemple.

cette étape de vérification "zéro énergie" soit effectuée en présence de l'entreprise extérieure mobilisée sur la prestation à réaliser.

V.1.2 La supervision des interventions externes

Les interventions techniques assurées par des prestataires externes se déroulent en journée de 7h45 à 12h et de 13h30 à 17h. Le nombre d'interventions faisant l'objet d'une autorisation de travaux est de l'ordre de plusieurs centaines par mois et peut atteindre plusieurs dizaines par poste⁷. Toutes ces interventions ne présentent pas le même niveau de risque et ne nécessitent pas d'ouverture de circuit.

La plage horaire des interventions concerne donc les postes du matin et de l'après-midi. Le poste du matin commence à 5h00, et celui de l'après-midi à 13h00. L'examen des autorisations de travaux se fait en début de poste avant l'arrivée des entreprises sous-traitantes. Or, un simple examen des horaires permet de constater qu'indépendamment de la nature des interventions programmées et des agents en poste, le personnel dispose de plus de temps le matin (entre 5h00 et 7h45) que l'après midi (13h00 – 13h45) pour examiner les autorisations de travaux.

Un poste de conducteur de travaux a été spécifiquement mis en place pour traiter les autorisations de travaux qui ne concernent pas directement la production (interventions électriques annexes, pose d'échafaudage, ...) pour décharger l'agent de maîtrise de jour du travail de validation des AT. Le jour de l'accident, le poste de conducteur de travaux n'était pas gréé.

V.1.3 Le contexte de l'intervention

L'opération de démontage de la manchette, à l'origine de l'accident, vient ponctuer une série d'interventions sur cette dernière qui débute à la suite d'une défaillance du disque de rupture RD1416 ayant rompu le 7 février 2025. Selon l'exploitant qui a mené sa propre expertise, cette rupture n'est pas liée à un événement d'exploitation mais à une suspicion de défaut du disque. La soupape RV1416 qui a fonctionné à l'occasion de cet événement avait été déposée et envoyée en révision. Un premier remplacement de la soupape avait été programmé le 19 février mais l'opération n'avait pas pu être menée à terme en raison d'un problème de compatibilité des brides.

Une nouvelle intervention était programmée le 28 avril : elle consistait en la dépose de la manchette située au refoulement de la vanne manuelle D03205, la pose d'une tape pleine, la modification des emboitements et la remise en place de l'ensemble.

⁷ Ces chiffres sont issus du recoupement de plusieurs sources qui font état de 350 interventions/mois/unité jusqu'à des pics de 100 à 150 interventions/jour/unité.

V.1.4 L'état de l'installation au moment de l'intervention

L'unité d'évaporation du chlore ne fonctionnait que sur l'évaporateur E1410 A (un seul évaporateur fonctionne à la fois), le second évaporateur E1410B était consigné, déconnecté et platiné, en vue de travaux d'entretien.

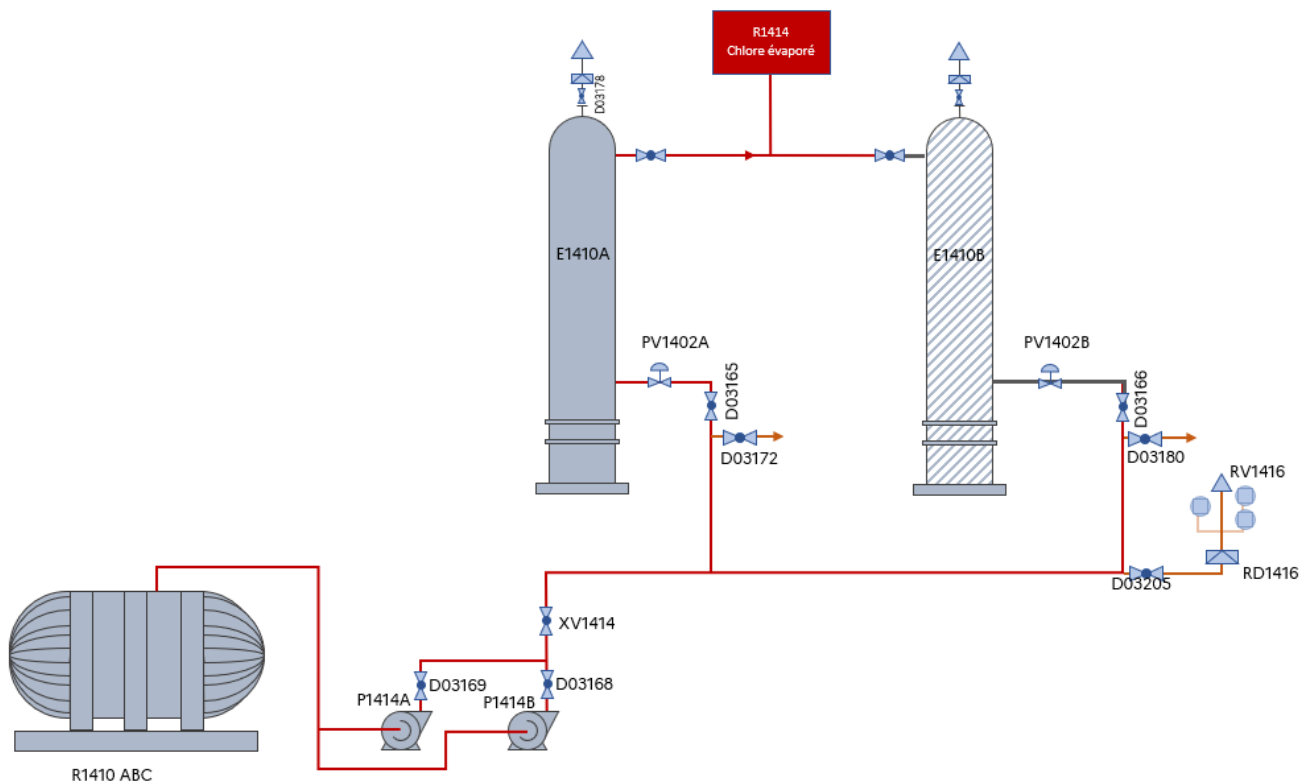


Figure 5 : Schéma simplifié de l'état de l'installation au moment de l'intervention

V.1.5 L'examen de l'autorisation de travaux

L'intervention de maintenance était encadrée par l'autorisation de travaux n° 083127 élaborée le 23/04 pour une intervention prévue initialement le 24/04 et réalisée le 28/04. L'autorisation mentionne la dépose de la manchette et la pose d'une tape pleine. Elle est signée le jour même par le service maintenance, le service exploitation et le 25/04 par l'entreprise extérieure chargée de mener l'intervention.

La section « matériel utilisé » mentionne l'usage de l'outillage manuel, d'une scie sabre sur batterie, et d'une meuleuse.

La section « risques liés à l'intervention » mentionne le risque lié au déplacement, à la manipulation, au bruit et le risque de brûlure chimique. La fiche ne fait pas mention du risque de coupure, ce qui peut paraître surprenant compte tenu des outils employés.

La section « risques liés à l'installation » mentionne le risque lié à la présence de chlore liquide à une pression de 10 bars donc le risque de brûlure chimique et le risque toxique.

« L'état requis de l'équipement » mentionne un équipement à l'arrêt, consigné, arrêté électriquement, vide, décomprimé, à température ambiante et isolé par vannes. Les opérations identifiées pour arriver à cet état sont listées dans le cadre voisin : isolement par vannes, pompes XV1414 fermées.

3.2 - Etat requis de l'équipement

☐ En service ☒ A l'arrêt ☒ Consigné Arrêt/Elec.
☐ Rempli ☒ Vide
☐ Sous pression (bar) ☐ Décomprimé
☐ En température (°C) ☒ à Temp. Amb.
☒ Isolé par vannes ☐ Platiné, n° Plan _____
☐ Ouvert, Ventilé ☐ Sous ventilation forcée
☐ Sous Azote ☐ Air appauvri
☐ _____

3.3 - Opérations de mise à disposition

A Faire	Fait
☐ Vidange	☐
☐ Décompression	☐
☐ Dégazage	☐
☐ Balayage vapeur / air / azote - Lavage eau	☐
☒ Isolement par vannes	☒
☐ Purgés et événements ouverts non obstrués	☐
☐ Platinage	☐
☐ Ouverture, Ventilation naturelle	☐
☐ Mise sous Azote Air Appauvri	☐
☐ Canalisations des écoulements	☐
☐ Test de non démarrage	☐
☐ Cadenas organes d'isolement n° _____	☐
☒ XV1414 fermée	☒

Figure 6 : extrait des sections 3.2 et 3.3 de l'autorisation de travaux n° 0083127

La lecture appelle les observations suivantes :

- Il semble qu'il y ait une incohérence entre le fait que l'équipement soit attendu décomprimé et isolé par vannes et que les opérations de mise à disposition censées permettre de parvenir à cet état ne mentionne ni la vidange, ni la décompression ni même le dégazage ;
- Le document ne mentionne aucune opération de purge ou de vidange de la tuyauterie, contrairement à l'instruction précitée qui prévoit la mise en œuvre de ces actions dans le cadre d'une mise à disposition de l'équipement ;
- Le document porte la mention manuscrite "XV1414 fermée" qui est la première vanne placée sur la tuyauterie à l'aval de la jonction des lignes de refoulement des pompes ;
- Les autres vannes, dont les fermetures sont nécessaires à l'isolement de la tuyauterie, ne sont pas mentionnées dans le document. Contrairement à l'instruction précitée, aucun plan PID ne vient préciser les positions des vannes qui doivent être manœuvrées.

V.1.6 La mise à disposition réelle de l'installation

Sur la base des entretiens conduits auprès des personnels, il est possible, sans reprendre en intégralité l'ensemble de ces témoignages, de retracer les opérations de mise à disposition de la tuyauterie avant intervention.

L'opération de démontage de la manchette était, dans un premier temps, programmée au cours de la matinée du 28/04. Des premières opérations de mise à disposition de la tuyauterie sont entreprises

par les équipes du poste du matin : isolement et condamnation des pompes par consignation électrique, isolement de la ligne par fermeture des vannes, et démarrage du dégazage. Dans le détail cela consiste en :

- L'arrêt des pompes P1414A/B par consignation électrique ;
- La fermeture des vannes manuelles D03169 (refoulement P1414A), D03168 (refoulement P1414B) et XV1414 (unique vanne explicitement mentionnée sur l'autorisation de travaux) ;
- La fermeture de la vanne manuelle D03165 (vanne à l'entrée de l'échangeur E1410A), bien que l'opération ne soit pas mentionnée dans l'autorisation de travaux dans la rubrique 3.3 – opérations de mise à disposition ;
- L'ouverture de vanne manuelle de dégazage D03172), opération non mentionnée dans l'autorisation de travaux dans la rubrique 3.3 – opérations de mise à disposition.

La vanne en amont du trident à démonter (D03205) était fermée depuis le 7 février 2025.

Cette opération n'a toutefois pas été conduite jusqu'à son terme. Deux motifs sont alors avancés : d'une part l'autorisation de travaux n'était pas accompagnée de son PID⁸ annoté précisant les organes qui devaient être manœuvrés et, d'autre part, l'heure avancée de la matinée ne permettait pas d'envisager que l'opération puisse se faire avant la fin du poste. La tuyauterie a alors été remise en chlore par ouverture de la vanne D03165 et fermeture de la vanne de dégazage D03172. La consignation électrique des pompes n'est pas modifiée et les vannes de refoulement des pompes (D03169 et D03168) sont maintenues fermées. La vanne XV1414 est ouverte.

Au changement de poste, l'équipe de l'après-midi était alors chargée de la mise à disposition de la tuyauterie. Les opérateurs qui sont intervenus s'en sont tenus aux mesures mentionnées par l'autorisation de travaux - à savoir la condamnation des pompes et la fermeture des vannes (sans précision desquelles).

En pratique cela s'est traduit par :

- Le maintien des pompes P1414A/B arrêtées par consignation électrique (réalisé le matin et inchangé) ;
- La fermeture des vannes manuelles D03169 (refoulement P1414A), D03168 (refoulement P1414B), réalisé le matin et inchangé ;

⁸ Un schéma tuyauterie et instrumentation (en anglais Piping and instrumentation diagram, abrégé P&ID ou simplement PID), communément appelé schéma TI, est un diagramme qui définit de manière exhaustive les éléments d'une installation industrielle visant à mettre en œuvre un procédé industriel.

- La fermeture de la vanne XV1414 (prévue par l'autorisation de travaux)
- La vanne en amont du trident (D03205) demeure en position fermée.

En synthèse, les actions réalisées peuvent être résumées dans le tableau ci-dessous :

Equipements/actions	Théorique	Poste matin	Intermédiaire	Poste après-midi
Pompes P 1414A/B	Arrêtées par consignation électrique	Arrêtées par consignation électrique	Arrêtées par consignation électrique	Arrêtées par consignation électrique
Fermeture des vannes des pompes D03169, D03168 et XV1414	oui	oui	oui	oui
Fermeture vanne D03165	oui	oui	non	non
Ouverture vanne de dégazage D03172	oui	oui	non	non
Fermeture partielle vanne PV1402A	Oui, talon ⁹ à 25%	Oui, talon à 25%	Oui, talon à 25%	Oui, talon à 25%
Fermeture vanne D03205	oui	oui	oui	oui

Tableau 2 : Synthèse des positions des vannes à différents moments de la journée. La colonne " théorique" correspond à la configuration fictive de l'installation si l'instruction d'ouverture avait été suivie.

V.1.7 L'intervention des sous-traitants

Il ressort également des entretiens réalisés, les éléments suivants.

Les opérations de démontage et de pose d'une tape pleine doivent être assurées par des opérateurs de la société ORTEC. Deux opérations sont prévues au programme de travail de l'équipe de sous-traitance dont la dépose du trident. Cette intervention est prévue le matin mais pour des raisons qui ne sont pas communiquées aux ouvriers de l'entreprise sous-traitante, la mise à disposition ne peut se faire le matin.

L'autorisation d'intervenir est donnée à 13h30.

⁹ Le recours à un talon de 25% est lié à l'indisponibilité du trident conséquence de la rupture du disque de rupture de février 2025. Pour prévenir le risque de montée en pression, une tuyauterie de chlore liquide doit être protégée par un ensemble disque de rupture / soupape de sécurité. En maintenant une ouverture minimale de 25%, la tuyauterie bénéficie de la protection assurée par le disque de rupture et la soupape montés sur l'évaporateur.

Concernant la mise à disposition de la tuyauterie, les opérateurs ORTEC s'en remettent aux manœuvres réalisées par l'opérateur de KEM ONE sans autre forme de vérification.

L'opérateur d'ORTEC qui réalise le démontage du trident est équipé d'un ARI¹⁰. Il s'est équipé sous le contrôle de son collègue et conformément aux préconisations de l'autorisation de travaux. Le deuxième opérateur d'ORTEC est placé en retrait accompagné de l'opérateur KEM ONE chargé de superviser l'opération. Le second opérateur ORTEC dispose d'un ARI à portée de main (donc non porté) et l'opérateur KEM ONE d'un masque panoramique à cartouche (non porté également).

Constatant l'impossibilité de procéder au dévissage des écrous à l'aide de la clé appropriée, l'opérateur ORTEC, en concertation et accord avec l'opérateur KEM ONE et son chef d'équipe, procède à la découpe des 4 boulons qui fixent la manchette du trident à la vanne. A chaque boulon découpé, l'opérateur KEM ONE procède à un contrôle de fuite au spray à l'ammoniac. Une fois la découpe terminée, et voyant que l'ensemble reste solidement emboîté, l'opérateur tire vers le haut le trident en appliquant des mouvements de balancier d'avant en arrière. C'est à ce moment que la manchette se désolidarise soudainement de la vanne libérant un jet vertical de chlore liquide.

L'opérateur part en arrière et ses équipements dorsaux se prennent dans les tuyauteries présentes derrière lui. Les deux opérateurs qui étaient présents en retrait n'ont pas le temps de s'équiper. Ils décident de quitter la zone en courant pour se réfugier dans le point de regroupement dédié en cas de fuite de chlore.

L'opérateur voit ses collègues partir et commence à percevoir une odeur de chlore, ce qui le fait douter de l'intégrité de ses équipements de protection. Paniqué, il finit par s'extraire de la zone, quitte la plateforme où il était situé, et retrouve après quelques mètres un autre opérateur ORTEC arrivé sur zone non équipé d'ARI et qui n'était pas informé de la situation.

Alerté par les 2 opérateurs ayant quitté la zone, le chef de la salle d'exploitation déclenche le POI. Des opérateurs s'équipent d'ARI et rejoignent la zone de chantier. Ils constatent que la fuite de chlore liquide a cessé. Ils vérifient la position des vannes, ouvrent les vannes de purge et procèdent à la pose d'une tape pleine à la sortie de la vanne D03205.

V.1.8 Expertise de la vanne D03205

Selon les divers témoignages recueillis, la vanne D03205 avait été fermée dans le cadre de la procédure de mise à disposition, bien que cette fermeture ne figure explicitement ni dans l'autorisation de travaux ni dans le plan de vannage absent.

Le BEA-RI a demandé à ce qu'une expertise de la vanne soit réalisée pour connaître son état de fonctionnement. Celle-ci a été conduite par la société BAREP, société spécialisée dans l'entretien de robinetterie industrielle et dans la détection acoustique de fuite. L'examen réalisé révèle la présence d'un encrassement et des traces de corrosion des portées d'étanchéité à l'origine d'une fuite de

¹⁰ Appareil respiratoire isolant

20l/heure. Cette fuite explique la présence d'une pression de chlore liquide résiduelle en aval de la vanne.

V.1.9 La mise à l'abri des personnels

Selon les règles de sécurité rappelées à chaque nouvel entrant sur le site, en cas de déclenchement de la sirène POI, les personnels sont invités à regagner le point de rassemblement le plus proche. C'est précisément la consigne qui a été respectée par les personnes présentes sur le site le jour de l'accident. Pour autant, 13 personnes sont orientées vers l'infirmerie, et neuf d'entre elles seront transportées dans les hôpitaux du secteur. Sept sortiront le soir même tandis que deux autres seront gardées en observation pour la nuit et sortiront le lendemain.

VI. Conclusions sur le scénario de l'événement

VI.1 Scénario

Le 28 avril 2025, les opérateurs d'ORTEC se présentent pour procéder à une opération de démontage d'un ensemble constitué d'un disque de rupture, d'une instrumentation et d'une soupape de sécurité. L'ensemble est situé sur un piquage en DN 25 sur une tuyauterie de chlore liquide, il se présente sous la forme d'un trident monté en aval d'une vanne manuelle désignée D03205.

Une première opération de mise à disposition est opérée au cours de la matinée par des personnels KEM ONE mais elle est interrompue avant son terme. Une deuxième séquence de mise à disposition est opérée en début d'après-midi toujours par des personnels KEM ONE conformément au contenu d'une autorisation de travaux manifestement incomplète. Cette deuxième opération de mise à disposition n'aboutit pas à la mise hors produit de la tuyauterie de chlore liquide (purge de la tuyauterie). La tuyauterie de chlore liquide est toujours en charge à une pression de près de 5 bars. La vanne D03205, censée isoler le trident du reste de la tuyauterie, est défectueuse et le trident est donc également en charge.

Le schéma suivant présente la situation avant travaux (situation théorique vs situation réelle) :

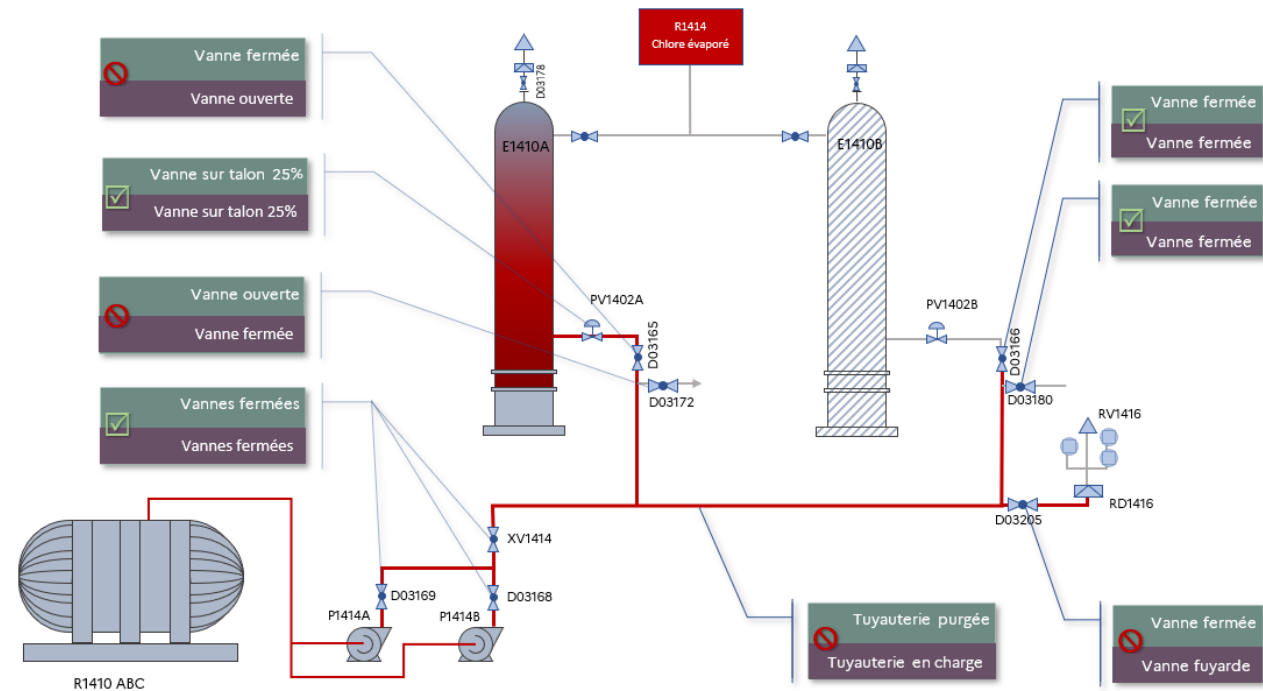


Figure 7 : Schéma de l'installation avant ouverture par l'opérateur ORTEC

Arrivés sur la zone de travaux, les personnels d'ORTEC chargés du démontage et de la pose d'une tôle pleine s'équipent après un briefing rapide sur les risques en présence.

Il n'y a pas de vérification croisée de la mise à disposition effective de la ligne par un contrôle au niveau de la vanne de dégazage D03172.

L'opérateur d'ORTEC procède à la découpe des quatre boulons de fixation et manipule le trident pour le décoller de la vanne. Le trident se désolidarise d'un coup laissant échapper un jet de chlore liquide.

Le BEA-RI attribue la cause première de l'accident au dysfonctionnement de la vanne de sectionnement D03205 censée isoler le piquage en DN25 du reste de la tuyauterie de chlore. Il convient toutefois de souligner que ce type de dysfonctionnement est suffisamment fréquent et connu dans l'industrie pour qu'il ait été jugé nécessaire d'établir des règles de bonnes pratiques en matière d'ouverture de tuyauteries de produits dangereux. Sur le site KEM ONE, ces règles sont précisées dans une instruction technique qui s'appuie sur des référentiels nationaux. L'application de

ces règles aurait permis d'éviter la survenue d'un tel accident. C'est la raison pour laquelle le non-respect de l'instruction technique est aussi retenu comme cause de l'accident.

Le BEA-RI retient également plusieurs facteurs contributifs mentionnés ci-dessous.

VI.2 Facteurs contributifs

Les facteurs contributifs sont des éléments qui, sans être déterminants, ont pu jouer un rôle dans la survenance, dans l'aggravation ou l'atténuation de l'accident.

VI.2.1 Les informations erronées de l'autorisation de travaux

L'autorisation de travaux rédigée pour cette intervention mentionne que l'équipement sera mis à disposition une fois vide, décomprimé et isolé par vannes. Pour autant, la section des opérations à réaliser ne mentionne pas la purge de l'équipement, et vise la seule vanne aval des pompes de chlore liquide en omettant l'ensemble des autres vannes qui doivent être fermées.

VI.2.2 L'absence de plan de vannage

Contrairement à l'instruction interne KEM ONE, l'autorisation de travaux n'est accompagnée d'aucun plan indiquant les vannes qui doivent être manœuvrées et dans quelle position celles-ci doivent être placées. Cela implique donc de la part de l'opérateur en charge de la mise à disposition une bonne connaissance de l'installation et une véritable analyse de l'opération programmée. En l'absence d'un tel document, la bonne mise à disposition de la tuyauterie repose exclusivement sur les opérateurs chargés de la mise en œuvre. Elle ne permet pas non plus à l'entreprise intervenante de se représenter l'état de l'installation sur laquelle elle doit intervenir.

Cette absence a été invoquée par l'équipe du matin comme une des causes du report des travaux sans que des actions correctives soient engagées.

VI.2.3 Le délai de délivrance de l'autorisation de travaux

L'examen de l'autorisation de travaux montre qu'elle est élaborée et validée par la partie exploitant au cours de la journée du 23/04 pour une mise en exécution théorique le 24/04 (elle a été en réalité reportée au 28/04). Il n'existe pas de durée minimale d'instruction d'une autorisation de travaux et celle-ci peut être rapide pour des agents qui connaissent parfaitement l'installation. Pour autant, nous noterons qu'il s'agit d'un délai de délivrance, intégrant 2 signataires distincts, pour le moins optimisé qui peut interroger sur le délai accordé à la relecture du document s'agissant d'une intervention qui consiste à ouvrir un circuit de chlore liquide sous pression et que le caractère d'urgence ne nous a été signalé à aucun moment.

VI.2.4 Le nombre d'interventions et le temps de préparation des interventions

Le nombre d'interventions faisant l'objet d'une autorisation de travaux peut être important. L'organisation du poste de l'après-midi et la présence des entreprises sous-traitantes présentes dès 13h30 ne favorisent pas l'examen attentif de toutes les autorisations de travaux à la différence du poste du matin qui semble plus propice à ce type de tâche.

VI.2.5 Les absences de vérifications croisées de la mise en sécurité de la ligne

L'examen des procédures et la conduite d'entretiens ont permis d'identifier qu'il existe en théorie plusieurs modes de vérification croisée qui auraient dû ou pu permettre d'éviter la survenue de l'accident :

- **La contresignature de l'autorisation de travaux** : l'autorisation de travaux est signée par trois personnes différentes qui disposent d'une bonne connaissance soit de l'installation soit des risques liés à l'ouverture de circuit de produits dangereux. L'absence de mesure de vidange ou de décompression aurait pu être identifiée. La question du délai de relecture par chaque signataire mérite d'être examinée en retour d'expérience.
- **La réalisation de la "mise à disposition"** : la mise à disposition est pensée lors de la rédaction de l'autorisation de travaux. Elle est lue et mise en œuvre par des opérateurs différents qui connaissent le fonctionnement des installations et qui peuvent, à minima, réinterroger le document.
- **La vérification croisée de la mise à disposition** : Il nous a été rapporté la pratique qui consiste, avant le début des travaux, à ce que des personnels de l'exploitant et du sous-traitant, vérifient ensemble la mise à disposition effective de l'équipement sur quelques points élémentaires de sécurité. Dans le cas qui nous intéresse, ce point de vérification aurait pu porter sur la vérification de l'absence de chlore liquide sous pression dans la tuyauterie par ouverture du robinet de purge.

Les raisons pour lesquelles ces vérifications n'ont pas été réalisées sont multiples et font intervenir plusieurs types de facteurs humains et organisationnels. L'enquête conduite nous emmène à en relever plusieurs :

- Une dilution des responsabilités et une confiance excessive entre les différents intervenants (exploitant et sous-traitant) qui conduit à l'omission de règles élémentaires. Entre celui qui signe l'autorisation, celui qui exécute les consignes de mise à disposition et celui qui effectue les travaux, chacun à une bonne raison de considérer que la mise en sécurité relève de l'autre ;
- Un manque d'adhésion à l'utilité des procédures ;
- La pression implicite qui conduit à privilégier la rapidité et l'efficacité au détriment du respect strict des procédures (ici l'instruction relative à l'ouverture de circuit) ;

- L'effet de répétition sans incident qui réduit la perception du risque associé à l'opération et qui est ici généré par le fait qu'une opération similaire avait eu lieu quelques semaines plus tôt ;
- Des approches différentes entre équipes. Ces différentes approches conduisent à s'interroger sur l'encouragement fait aux personnels à avoir un regard critique sur les consignes données et sur les leviers d'alerte à leur disposition.

VI.2.6 Le défaut d'entretien et l'absence de vérification de la vanne

L'expertise conduite sur la vanne met en évidence une dégradation interne et un encrassement de l'équipement ce qui traduit un manque d'entretien et un défaut dans la surveillance de son fonctionnement dans le temps.

VI.2.7 L'historique d'intervention

Les entretiens réalisés ont permis de constater que de nombreux opérateurs qui devaient intervenir le jour de l'accident étaient également intervenus lors de l'opération de démontage de soupape réalisée au mois de février 2025. L'expérience acquise au cours de cette première intervention a eu deux effets antagonistes dans le déroulement de l'accident. Elle a permis par exemple à l'opérateur du matin de réaliser la mise à disposition de l'installation malgré une autorisation de travaux incomplète et erronée car il avait en mémoire les manœuvres des vannes de l'intervention réalisée quelques semaines auparavant. Mais le BEA-RI note que cette même expérience a eu pour effet d'abaisser inconsciemment le niveau de vigilance d'autres acteurs dans l'exercice de leur mission (autorisation de travaux incomplète, absence de contre-analyse de l'autorisation de travaux, absence de vérification de la purge de la tuyauterie).

VI.2.8 Le mode de démontage de la manchette

Le mode de démontage de la manchette par découpe des quatre boulons à la fois a joué un rôle dans la forme et l'intensité de la fuite, contribuant à une fuite de débit maximal. En ce sens, on peut considérer que le mode de découpe a joué un rôle aggravant. La méthode alternative aurait consisté à découper les boulons usagés un par un et à les remplacer immédiatement par des boulons neufs pour éviter un relâchement violent de la bride. Cette méthode est communément appelée "démontage par découpe séquentielle des boulons" ou "démontage contrôlé par remplacement progressif des boulons". Cette pratique est reconnue et encadrée dans certains guides et normes industrielles, notamment pour les opérations de maintenance sur des équipements sous pression ou contenant des substances dangereuses¹¹. Cette méthode aurait probablement permis d'éviter une

¹¹ On peut citer par exemple les normes ASME (American Society of Mechanical Engineers), PCC-1 (Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly) ou la norme européenne EN 1591-4 (Flanges and their joints — Design rules for gasketed circular flange connections — Part 4 : Selection of bolts)

fuite massive sous forme de jet vertical et de projection de la pièce qui aurait pu causer des blessures plus importantes à l'opérateur ORTEC.

Toutefois, compte tenu de la présence d'opérateurs à proximité de la zone de travaux, on peut logiquement s'interroger sur l'impact qu'aurait eu une émission latérale de chlore liquide (conséquence de la déconnexion partielle de la manchette) sur l'opérateur et sur le binôme non-protégé.

VI.2.9 L'absence de binôme protégé

L'instruction relative à l'ouverture de circuit (décrite en partie V.1.1) précise clairement que « l'intervenant direct, ainsi qu'une deuxième personne, seront équipés pour être protégés de la présence éventuelle de produits dangereux ». Elle précise en outre qu'une "deuxième personne équipée des mêmes EPI que l'intervenant doit être présente pour porter secours en cas de nécessité".

Les règles appliquées par l'entreprise sous-traitante pour ses personnels ne semblent pas imposer le port de l'appareil respiratoire pour l'opérateur placé en retrait et ne précise pas de fonction spécifique quant à ce qui est attendu de la part de ce dernier en cas d'incident.

Dans le cas d'espèce, aucun des deux personnels placés en retrait n'était équipé.

On note que lorsqu'un événement à cinétique rapide se produit, le fait de disposer d'un ARI ou d'un masque à cartouche non portés à proximité s'avère inopérant, et que seul un réflexe de fuite et la présence d'une échappatoire ont permis aux deux opérateurs d'éviter d'être intoxiqués.

Cette absence de binôme protégé soulève une autre difficulté. Alors qu'il est lui-même entravé dans ses mouvements par l'espace exiguë dans lequel il évolue, qu'il doute fortement de l'efficacité de son ARI en raison des odeurs de chlore qu'il perçoit, l'opérateur directement exposé au jet de chlore doit faire face à une situation de danger inédite et prend conscience en constatant la fuite de ses collègues qu'il devra gérer seul sa propre mise à l'abri. En outre, la perception d'une odeur de chlore sous le masque¹² génère une crainte naturelle sur un dysfonctionnement de l'ARI. La présence d'un binôme protégé lui aurait permis de mieux gérer cette situation en étant simplement aidé dans son dégagement de la zone et en étant rassuré sur l'état de son équipement.

VI.2.10 La stratégie de mise à l'abri des personnels

Si la grande majorité des personnels ont pu gagner les points de rassemblement sans incident, treize personnes ont été exposées à des teneurs plus ou moins faibles en chlore et ont nécessité une prise en charge médicale. Ce bilan nous a conduit à réévaluer la stratégie de mise en sécurité des personnels et à identifier deux difficultés.

¹² Le BEA-RI n'a pas procédé à une expertise de l'ARI de l'opérateur. Le sous-traitant et l'exploitant qui ont eu accès à l'équipement n'ont pas relevé de dysfonctionnement notable. La perception de l'odeur de chlore sous le masque pourrait alors être la conséquence d'un léger défaut d'étanchéité provoqué par les mouvements d'agitation, la respiration forte due au stress intense et le port de la barbe de l'opérateur qui a pu dégrader l'étanchéité du masque.

En suivant la consigne de gagner le point de rassemblement le plus proche, certains personnels ont été contraints de traverser la zone de dispersion du nuage de chlore sans équipement individuel de protection tel que des masques de fuite. Une solution consisterait donc à éviter le nuage en gagnant un local de mise à l'abri mieux situés par rapport à la direction du vent et à la localisation de la fuite. Or, et c'est la deuxième difficulté, au moment où la sirène retentit, il est difficile pour une personne sur le site d'avoir accès à ces deux informations immédiatement.

VI.2.11 Les postes de commandement exploitant PCEx (s)

L'exploitant dispose d'un poste de commandement dédié à la gestion de crise depuis lequel les différentes fonctions nécessaires à la gestion de crise peuvent être exercées. Depuis ce PCEx, le DOI dispose, entre autres, d'une remontée des informations relatives aux process ou provenant du réseau de capteurs présents sur le site. Un second local est identifié dans le POI pour servir de PC de repli si le PCEx venait à être exposé à un nuage de chlore. Ce local de repli est toutefois moins bien équipé et ne dispose pas de toutes les fonctionnalités qu'offre le PCEx principal, mais l'exploitant a indiqué au BEA-RI que des actions étaient en cours pour améliorer la situation du PC de repli.

VII. Enseignements de sécurité

VII.1 L'intérêt de la vérification croisée client / sous-traitant

Les autorisations de travaux sur un site industriel ne sont pas qu'une formalité : elles visent d'abord à protéger les personnes (ouvriers, riverains, intervenants) en anticipant les risques (électriques, mécaniques, explosions, expositions toxiques...). Ces documents (protocoles de sécurité, plans de prévention) fonctionnent comme un cadre contractuel opérationnel entre une entreprise et ses sous-traitants. Ils détaillent les engagements de chacun en matière de sécurité et les moyens à mettre en œuvre.

Pour renforcer leur caractère opérationnel, il est utile de leur adosser une liste de points de contrôle à effectuer avant toute intervention (coupure des énergies, décompression, absence de produit, inertage...). Ces vérifications effectuées avant l'intervention doivent permettre de contrôler que les mesures attendues ont bien été mises en œuvre et de garantir que l'équipement ou l'installation sont prêts pour une intervention sécurisée.

Le temps nécessaire à leur mise en œuvre, pour la partie documentaire comme pour la mise en œuvre doit être clairement identifié.

VII.2 Le port de l'appareil de protection respiratoire

Cet accident rappelle l'importance de disposer d'un appareil de protection respiratoire adapté à l'environnement dans lequel l'opérateur évolue, entretenu en bon état et porté en respectant les

bonnes pratiques. Sur ces différents sujets, des recommandations sont généralement rappelées dans la notice du fabricant de l'équipement mais aussi dans des guides professionnels. Nous rappellerons pour mémoire le guide¹³ de l'INRS consacré aux appareils de protection respiratoire qui aborde les thèmes de l'entretien, du stockage et de l'utilisation des matériels : nettoyage et désinfection, entretien et maintenance, contrôle du bon état, de l'absence de cheveux ou de pilosité gênante.

VII.3 La cohérence des règles de sécurité

Cet accident a mis en évidence qu'il pouvait y avoir une différence entre les mesures de protection exigées par l'industriel et celles pratiquées usuellement par le sous-traitant. La préparation de l'intervention doit être l'occasion de s'accorder entre exploitant et sous-traitant sur les rôles attendus de chacun et les équipements de protection portés lors de l'opération.

VIII. Recommandations de sécurité

Le BEA-RI émet les recommandations suivantes à l'exploitant :

VIII.1 À destination de l'exploitant KEM ONE

- Veiller à la bonne mise en œuvre de l'instruction relative à l'ouverture des circuits en impliquant l'ensemble des personnels chargés de préparer et de mettre en œuvre les opérations, renforcer l'instruction et la validation des autorisations de travaux dans le cas des interventions comportant des ouvertures de circuit ;
- Réinterroger le processus permettant aux salariés de signaler des difficultés de mise en œuvre ou les situations de dangers dans les actions qui leur sont confiées ;
- Mettre en place une procédure de vérification croisée exploitant/sous-traitant des mises à disposition des installations ;
- S'assurer avant toute intervention en zone à risques que les personnels respectent les consignes des fabricants des équipements de protection respiratoire et les consignes d'utilisation données en formation ;
- Réexaminer la stratégie de mise à l'abri des salariés en cas d'événement sur le site pour les personnels évoluant dans les zones susceptibles d'être impactées par une fuite de chlore en étudiant l'intérêt du port de masque de fuite ;
- Réaliser régulièrement des exercices avec les sapeurs-pompiers et proposer la mise à jour du plan ETARE compte tenu des évolutions de l'établissement au cours de ces dernières années.

¹³ Guide INRS ED 6106 "Les appareils de protection respiratoire" <https://www.inrs.fr/dam/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6106.pdf>

VIII.2 À destination de la société ORTEC

- Avant chaque démarrage du chantier, outre les vérifications liées à la bonne exécution en sécurité de l'autorisation de travaux, en amont et à l'occasion du briefing de sécurité, contrôler en présence du client la bonne mise à disposition de l'équipement (par exemple : absence de pression, absence de produit, coupure des énergies, ...) ;
- Rendre obligatoire le port du masque de l'appareil respiratoire isolant pour tous les opérateurs présents sur la zone de travaux, de sorte à pouvoir faciliter à tout moment l'intervention et, à titre exceptionnel, à pouvoir venir en aide en cas de problème ;
- Recourir autant que possible au démontage contrôlé par remplacement progressif des boulons ;
- S'assurer avant toute intervention en zone à risques que les employés respectent les consignes des fabricants des équipements de protection respiratoire et les consignes d'utilisation données en formation.



Bureau d'enquêtes et d'Analyses
sur les Risques Industriels

MTE / IGEDD / BEA-RI
Tour Séquoïa
92055 La Défense Cedex

+33 1 40 81 21 22
bea-ri.igedd@developpement-durable.gouv.fr

<https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/bea-ri-r549.html>