



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Conseil général de l'environnement
et du développement durable
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
sur les Risques Industriels**



Rapport d'Enquête

Sur la fuite de tétrachlorure de titane au sein du site industriel d'Ineos Polymers SAS situé à Sarralbe (Moselle) le 26 novembre 2021

Bordereau documentaire

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

Titre du document : Rapport d'enquête technique sur la fuite de tétrachlorure de titane au sein du site industriel d'Ineos Polymers SAS de Sarralbe (57)

N° : MTE-BEARI-2022-003

Date du rapport : 15 avril 2022

Proposition de mots-clés : tétrachlorure de titane, fuite, dépotage, procédure, formation

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 BEARI.

Synthèse

L'enquête technique faisant l'objet du présent rapport concerne la fuite de tétrachlorure de titane (TiCl₄) survenue au sein du site industriel d'Ineos Polymers SAS de Sarralbe (57).

Le vendredi 26 novembre 2021, une fuite de TiCl₄, substance corrosive, toxique et réactive avec l'eau, intervient sur l'unité de fabrication de catalyseur pour la polymérisation du polypropylène de l'usine INEOS lors d'une opération de raccordement d'un conteneur (récipient de 2680 litres partiellement rempli). La fuite est issue d'une cheminée de mise à l'air libre du circuit de dégazage du TiCl₄ à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau du sol.

Rapidement stoppée par l'arrêt de l'injection d'azote, la fuite qui a concerné environ 500 litres de produit s'est matérialisée sous forme de gouttelettes ayant contaminé par projection l'unité de fabrication de catalyseur. Elle a généré d'importantes fumées mais aucun dommage humain n'a été constaté et l'ensemble des impacts atmosphériques a été contenu à l'intérieur du site.

Les causes primaires de la fuite ont pu être identifiées ; elles sont doubles :

- Inversion du branchement des flexibles sur le conteneur entre phase liquide et phase gazeuse ;
- Exécution d'une manœuvre de barbotage non prévue sur ce type de poste.

L'analyse des causes profondes a révélé un défaut de conception de l'installation par l'absence d'un détrompage sur le branchement des phases liquide et gaz, l'existence de procédures insuffisamment détaillées, un pilotage et une formation des équipes avec des marges de progrès.

Enfin, le déroulement de l'intervention à l'issue de la fuite a montré l'absence au sein du POI d'une fiche reflexe reprenant l'ensemble des éléments permettant de valider une manœuvre non prévue face à un événement non repris dans le POI

A l'issue de l'enquête, le BEA-RI tire un certain nombre d'enseignements de sécurité et adresse à l'exploitant les recommandations suivantes :

A destination de l'exploitant :

- **Mettre en place un détrompage physique permettant de garantir la correcte connexion du ciel gazeux d'un conteneur de matière dangereuse.** En effet, la correcte connexion du ciel gazeux permettra de garantir que l'accident survenu ne pourra plus arriver. Il est à noter que dans les échanges entre le BEA-RI et l'exploitant, ce dernier a d'ores et déjà indiqué avoir retenu cette mesure.
- **Mettre en place des procédures plus détaillées que celles existantes**, notamment pour les opérations élémentaires nécessaires aux fabrications lorsque ces opérations mettent en jeu des matières dangereuses ou pour les opérations susceptibles de générer des pertes de maîtrise de ces matières ou du process. Ces procédures s'appuieront sur des données documentaires à jour en matière notamment de plan d'instrumentation. Un soin particulier sera porté à la rédaction de ces procédures sur leur capacité à être un appui pour des opérateurs en cours de formation.
- **Renforcer le compagnonnage dans le cadre de la formation des opérateurs.** Notamment, veiller à ce que les opérateurs en formation soient accompagnés soit par la hiérarchie soit par des opérateurs déjà qualifiés lors de la réalisation d'opérations pour lesquels ils ne sont pas encore autonomes. En fonction de leur importance en matière de sécurité et sans pour autant se substituer aux exploitants, la mise en place des compagnonnages et les procédures sur lequel ils s'appuient devront faire l'objet d'un appui de la part du service HSE tant pour leur définition que dans le cadre de leur réalisation.

Sommaire

I.	Rappel sur l'enquête de sécurité.....	6
II.	Constats immédiats et engagement de l'enquête	6
	II.1 Les circonstances de l'accident	6
	II.2 Le bilan de l'accident	6
	II.3 Les mesures prises après l'accident.....	6
	II.4 L'engagement et l'organisation de l'enquête	7
III.	Contextualisation.....	7
	III.1 L'usine.....	7
	III.2 L'installation de fabrication de catalyseur A-PP	7
	III.2.1 <i>Le fonctionnement</i>	8
	III.2.2 <i>L'équipement</i>	8
	III.2.3 <i>Opérations de vérification</i>	12
IV.	Compte-rendu des investigations menées.....	12
	IV.1 Reconnaissance de terrain	12
	IV.2 Analyse de l'inspection des installations classées.....	12
V.	Déroulement de l'évènement.....	12
	V.1 Déclenchement de l'évènement.....	12
	V.2 L'intervention des secours publics	13
VI.	Conclusions sur le scénario de l'évènement.....	13
	VI.1 Scénario	13
	VI.2 Facteurs contributifs.....	16
	VI.2.1 <i>La conception de l'installation</i>	16
	VI.2.2 <i>Les procédures</i>	17
	VI.2.3 <i>La définition des tâches</i>	17
	VI.2.4 <i>La formation des opérateurs</i>	18
VII.	Enseignements de sécurité.....	18
	VII.1 La nécessité d'un détrompage	18
	VII.2 Les procédures.....	18
	VII.3 Le pilotage des équipes.....	19
	VII.4 La formation.....	19
	VII.5 Le pilotage de l'intervention en cas d'accident	19
VIII.	Recommandation de sécurité.....	19
	VIII.1 A destination de l'exploitant qui accueille ce type d'équipement.....	19
	VIII.1.1 <i>La mise en place de détrompage</i>	19
	VIII.1.2 <i>La refonte des procédures</i>	20
	VIII.1.3 <i>La formation</i>	20

Rapport d'Enquête

Sur la fuite de tétrachlorure de titane au sein du site industriel d'Ineos Polymers SAS

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 sécurités. 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.

II. Constats immédiats et engagement de l'enquête

II.1 Les circonstances de l'accident

Le vendredi 26 novembre 2021, une fuite de tétrachlorure de titane (TiCl₄), substance corrosive, toxique et réactive avec l'eau, est détectée sur l'unité de fabrication de catalyseur pour la polymérisation du polypropylène de l'usine INEOS. Elle est issue d'une cheminée de mise à l'air libre du circuit de dégazage du TiCl₄.

La fuite intervient dans le cadre d'une opération de raccordement d'un conteneur (récipient de 2680 litres partiellement rempli). La fuite, qui sera rapidement limitée par l'arrêt d'injection d'azote, est issue d'une cheminée de mise à l'air des ciels gazeux, sous azote, des équipements de la zone d'utilisation du TiCl₄. Cette cheminée est située à une vingtaine de mètres au-dessus du niveau du sol. »

II.2 Le bilan de l'accident

La fuite qui a concerné environ 500 litres de produit s'est matérialisée sous forme de gouttelettes ayant contaminé par projection l'unité de fabrication de catalyseur. Elle a généré d'importantes fumées mais aucun dommage humain n'a été constaté et l'ensemble des impacts atmosphériques a été contenu à l'intérieur du site. Elle a généré des projections sur une surface d'environ 20m² qui a été nettoyée à l'eau ; les opérations de nettoyage ont entraîné la production d'effluents liquides qui ont été pris en compte par l'exploitant sans pollution du milieu.

II.3 Les mesures prises après l'accident

À la suite de l'accident, l'installation a été consignée et mise en sécurité dans l'attente notamment d'inspections ultérieures. Un arrêté de mesures d'urgence a été pris par le Préfet de la Moselle sur proposition de l'inspection des installations classées.

Dans le cadre de cet événement, des opérations de nettoyage des installations par arrosage progressif ont eu lieu à partir du 26 novembre 2021 vers 20h jusqu'au lendemain soir. Des opérations de vidange ont été conduites à partir du samedi 27 novembre.

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 l'ouverture d'une enquête après en avoir informé le Directeur général de la prévention des risques et le Préfet de la Moselle.

Les enquêteurs techniques du BEA-RI se sont rendus sur place les 6 et 7 décembre 2021. Ils ont rencontré les représentants de la DREAL Grand Est ainsi que l'exploitant, sur site, le mardi 7 décembre.

Ils ont recueilli les témoignages ou déclarations écrites 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 L'usine

L'usine est implantée à Sarralbe (57) depuis 1885 et emploie environ 250 personnes. Elle est exploitée par la société Ineos Polymers SAS qui appartient au groupe chimique Ineos. L'usine fabrique du polypropylène et du polyéthylène par polymérisation du monomère gazeux. L'usine comprend :

- Une unité de production de polyéthylène (PE) de la polymérisation à la granulation ;
- Une unité de fabrication de polypropylène (PP) de la polymérisation à la granulation ;
- Une unité de fabrication des catalyseurs séparée en deux secteurs (A-PP, A-PE). Il est à noter que les catalyseurs destinés à la fabrication du polyéthylène (A-PE) sont destinés à l'autoconsommation et à la vente à l'extérieur contrairement aux catalyseurs polypropylène (A-PP) qui sont de leur côté uniquement autoconsommés ;
- Des utilités (chaudière, etc.) ;
- Des stockages de matières premières (monomère sous forme de gaz liquéfié) ;
- Des stockages de produits finis essentiellement en vrac.

La fabrication de polyéthylène haute densité (PEHD) démarre en 1970 à laquelle est ajoutée une unité de polypropylène en 1976. L'usine est alors exploitée par le groupe SOLVAY dès sa création en 1885. Dans les années 2000, elle changera de maison mère plusieurs fois et sera in fine reprise par le groupe Ineos en décembre 2005, qui est le propriétaire actuel.

III.2 L'installation de fabrication de catalyseur A-PP

La fabrication des catalyseurs est séparée en deux secteurs bien distincts mais gérés par la même équipe :

Le secteur catalyseur polyéthylène (dit A-PE), qui produit des catalyseurs non seulement pour la consommation de l'usine mais aussi pour la vente, fonctionne en semi continu, et du fait de l'importance des volumes produits, bénéficie d'un fonctionnement quasi automatisé.

Le secteur catalyseurs polypropylène (A-PP), concerné par la fuite, produit pour la consommation sur site le catalyseur utilisé pour la polymérisation du polypropylène. Le procédé de fabrication du catalyseur, par lot (batch), est peu automatisé.

Le secteur catalyseur fonctionne en trois huit.

Un opérateur dit « cabinier » est présent en permanence en salle de commande et assure le pilotage des deux secteurs même si la quantité de travail prépondérante est générée par le secteur A-PE. Il est accompagné a minima d'un opérateur « terrain » qui tourne en 2x8, 7 jours sur 7.

Pour garantir les remplacements des opérateurs en poste, une équipe « volante » permet de compléter les équipes constituées, et, en fonction des rotations, des opérateurs supplémentaires postés peuvent être présents.

En complément, une autre équipe tourne en 2x8 mais uniquement en semaine (hors samedi, dimanche et jours fériés). Elle comprend un chef d'équipe qui assume sur ses heures de présence la responsabilité de l'ensemble des deux secteurs et 3 opérateurs par postes (matin et après-midi). Du fait des spécificités et des contraintes liées au fonctionnement du secteur A-PP, ce sont plutôt les opérateurs en 2x8 7 jours sur 7 qui prennent en charge ce secteur.

III.2.1 Le fonctionnement

La fabrication du catalyseur polypropylène est un batch qui dure plusieurs jours en vue de la production d'un catalyseur de type « Ziegler-Natta » par cristallisation du trichlorure de titane. Les opérations débutent par le dosage de deux des trois produits nécessaires dont le tétrachlorure de titane et leur mise en solution dans l'hexane dans un réacteur chauffé. Le troisième réactif est alors introduit. Différentes phases de cristallisation et de lavage à l'hexane se suivent pour arriver à la formation du catalyseur sous la forme cristalline souhaitée. Le tétrachlorure de titane est mis en solution dans le réacteur au travers d'un jaugeur lui-même alimenté par un conteneur mobile relié au poste de dépotage.

III.2.2 L'équipement

Le poste de dépotage du tétrachlorure de titane ($TiCl_4$) comprend un conteneur (cf. photo n°1) de 2680 litres (soit environ 4 tonnes de masse utile). Ce conteneur mobile est construit et maintenu en service en application de la réglementation ADR « Transport des matières dangereuses ».



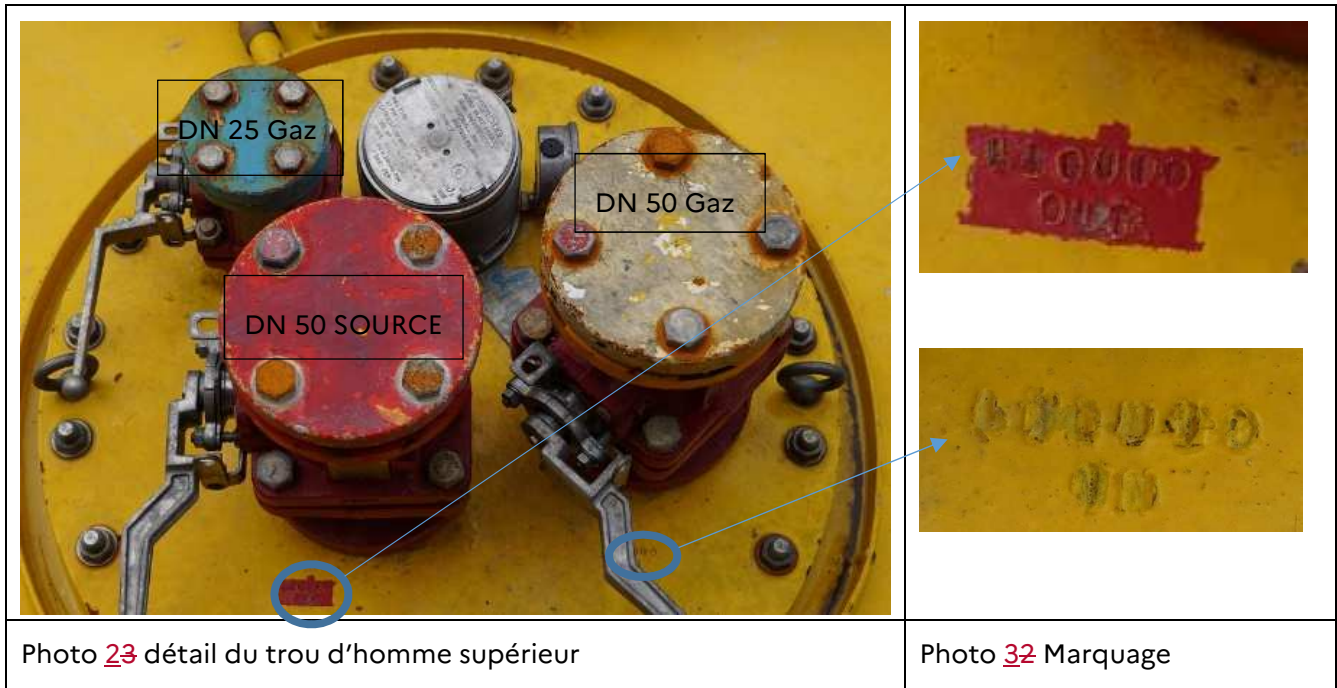
Photo 1 conteneur (en jaune) sur le poste de dépotage

Il comprend sur son trou d'homme supérieur (cf photo 3), outre une soupape de sécurité et un manomètre, trois piquages :

- Un piquage DN¹25 destiné à connecter le ciel gazeux du conteneur ;
- Un piquage DN²50 en source destiné à la reprise du liquide lors du dépotage ;
- Un piquage DN50 pour effectuer le remplissage du liquide en pluie.

¹ Piquage d'un diamètre intérieur de 25 mm

² Piquage d'un diamètre intérieur de 50 mm



Le repérage des deux piquages de même diamètre DN50 est réalisé par un marquage de couleur sur les brides et une inscription par frappe à froid en petits caractères peu lisibles (cf. photo 2). Il est à noter que le liquide ne peut sortir du conteneur qu'à la double condition de la mise en pression du ciel gazeux et de l'ouverture de la vanne de reprise du liquide.

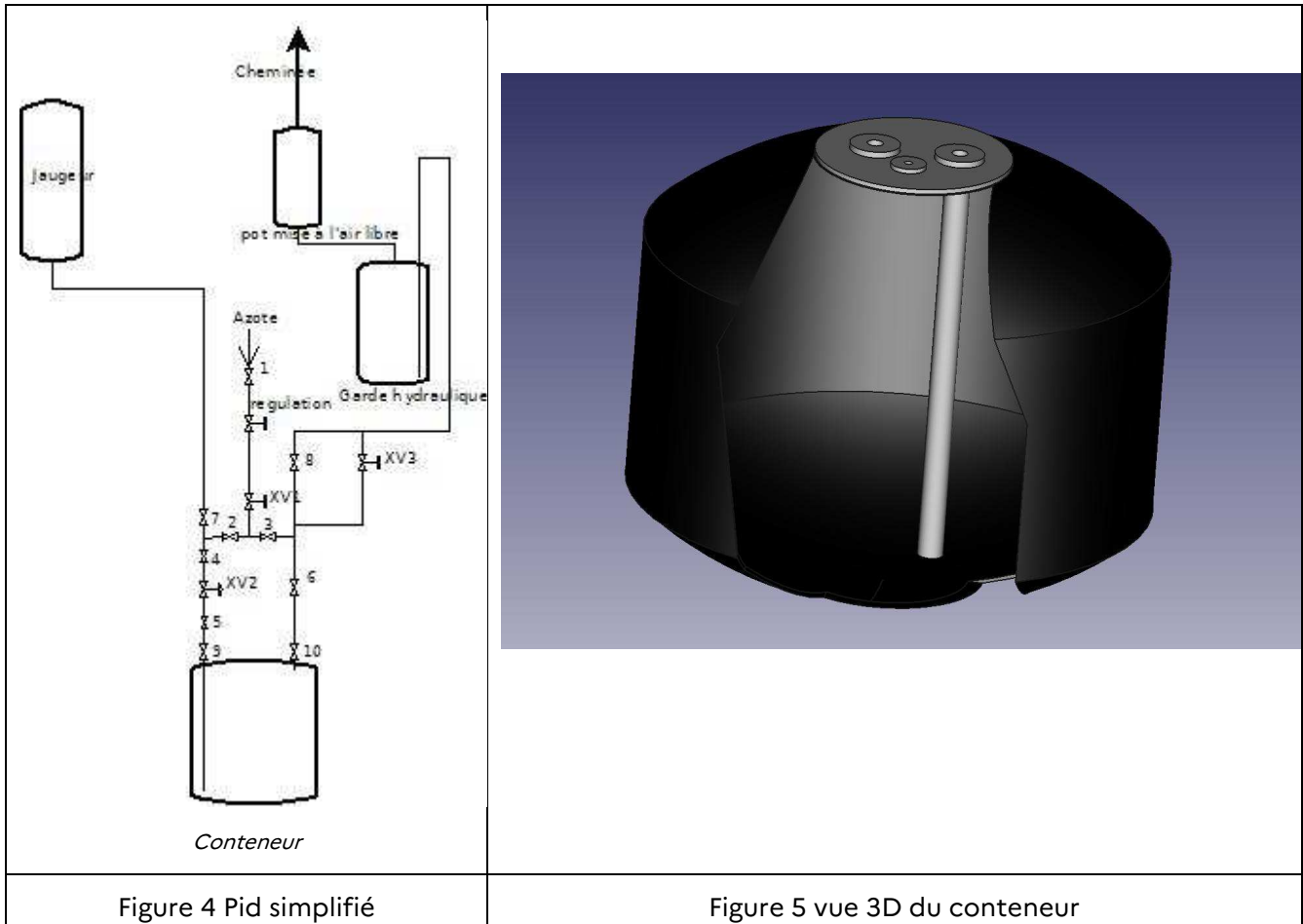
Le conteneur, dont la capacité permet de réaliser plusieurs lots (batch) de fabrication de catalyseur, est amené sur site par transport TMD et déposé sur le dispositif (sur rétention) de dépotage.

L'utilisation du $TiCl_4$, qui est un produit liquide à la pression atmosphérique se fait par mise en pression du conteneur à l'azote (pression d'azote de 2,5 bars). Il remplit ainsi le jaugeur de $TiCl_4$, situé en amont du réacteur de synthèse de catalyseur.

A cette fin, le conteneur est connecté par deux flexibles. Dans sa procédure de connexion, l'exploitant a prévu d'utiliser le piquage en DN50 de remplissage du liquide (et non le piquage en DN 25) pour mettre le conteneur en pression. La procédure prévoit donc la connexion de deux flexibles DN50 sur chacun des deux piquages « liquide » (dénommés « Liquid in » et « Liquid out »). Il n'existe pas de détrompage mécanique.

La mise à l'air libre des différents circuits est réalisée via une garde hydraulique (garde réalisée par de l'huile) et une capacité avant mise à l'air via une cheminée dédiée dont le débouché se situe à 20 mètres du sol environ.

Le plan d'instrumentation simplifié (Pid) est repris en figure 4.



Le jeu de vannes commandées et manuelles permet, sous réserve d'un branchement correct des deux flexibles :

- Mise en pression du ciel gazeux (n° 8, XV3 fermées et n° 1, XV1, 3, 6, 10 ouvertes) ;
- Dépotage du produit (n° 2 fermée, XV2, 4, 5, 7, 9 ouvertes et mise en pression du ciel gazeux) ;
- Arrêt de dépotage par mise à la pression atmosphérique (1, XV1 ou 3 fermées et 8 ou XV3 ouvertes ainsi que 6 et 10).

Ces trois possibilités correspondent aux manœuvres requises dans le cadre normal et sont conditionnées à la connexion correcte du conteneur.

En outre, il est physiquement possible, manuellement ou au-travers des automatismes, d'effectuer une opération dite de barbotage. Cette opération, qui n'est pas prévue dans le cadre du dépotage de $TiCl_4$, consiste à injecter de l'azote dans la canalisation « Liquid out » et de mettre à l'atmosphère le ciel gazeux du réservoir. Cette opération, réservée à des produits susceptibles de cristallisation, permet de déboucher la canule de sortie du produit dans le conteneur.

Elle est possible dans le cas du dépotage de $TiCl_4$, en s'assurant d'un branchement correct du conteneur, par :

- Ouverture des vannes 1, XV1, 2, 4, XV2, 5, 9, 10, 6 et XV3 ou 8 ;
- Fermeture des vannes 3 et 7 (protection du jaugeur).

III.2.3 Opérations de vérification

Outre l'opération de barbotage décrite ci-dessus, sont susceptibles d'être menés sur le poste de dépotage de $TiCl_4$:

- Des opérations de contrôles d'étanchéité du raccordement : 2 modes opératoires sont possibles. Le premier prévoit le raccordement des deux flexibles et la mise en pression des flexibles sans ouverture des vannes du conteneur et la vérification par bullage de l'étanchéité du raccordement. Le second prévoit la mise en pression de l'ensemble hors conteneur (vanne ouverte de 1 à 6) et ensuite la vérification au manomètre du maintien de la pression la vanne 1 étant refermée.
- Le balayage à l'azote des flexibles : opération d'élimination de l'humidité des flexibles par une injection d'azote dans les flexibles sans raccordement au conteneur. Cette opération est menée au préalable du raccordement.

En matière de procédure, il existe une procédure spécifique de dépotage mais qui ne détaille pas les opérations de contrôle à mener se bornant à indiquer : « *Brancher le container de $TiCl_4$ aux flexibles de dépotage* ».

La procédure de fabrication du catalyseur est encore plus générale et ne précise pas la nature des opérations à mener. On notera que s'agissant du site de Sarralbe, ces fabrications sont menées de longue date sur le site et que la formation des opérateurs s'effectue sous forme d'un compagnonnage tracé et faisant l'objet de validation par la hiérarchie, notamment au-travers d'entretiens.

IV. Compte-rendu des investigations menées

IV.1 Reconnaissance de terrain

Les inspecteurs du BEA-RI se sont déplacés sur site le mardi 7 décembre 2021, accompagnés de l'inspectrice des installations classées. Ils ont procédé à une visite sur site ainsi qu'au recueil des premiers constats en présence des personnels d'Ineos.

IV.2 Analyse de l'inspection des installations classées

L'inspection des installations classées a participé aux échanges du 7 décembre. En parallèle de l'enquête, elle a émis un arrêté de mesures d'urgence pour régler les conséquences de l'accident et les conditions de redémarrage.

V. Déroulement de l'évènement

V.1 Déclenchement de l'évènement

Dans la semaine précédant le 26 novembre, le poste de dépotage de $TiCl_4$ a subi des opérations de maintenance afin d'améliorer l'ergonomie du poste. La réalisation de ces travaux a entraîné la déconnexion du poste de dépotage du conteneur partiellement vidé et sa dépose.

Quelques jours avant, le poste a été rendu à la production. Le conteneur a été remis en place. Les deux flexibles ont été raccordés à la partie fixe de l'installation et mis sous balayage à l'azote pour éliminer toute humidité.

Au début du poste d'après-midi, les deux opérateurs de l'équipe postés en 2 x8, 7 jours sur 7 ont été chargés par le chef d'équipe d'arrêter le balayage, de connecter le conteneur et de procéder au test d'étanchéité.

À leur arrivée sur site, les deux opérateurs ont constaté qu'il restait une consignation en place. Après vérification de la fin de chantier, le chef d'équipe a réalisé la déconsignation.

Les deux opérateurs, après le départ du chef d'équipe, ont procédé à l'arrêt du balayage et entamé la connexion du conteneur. Lors de la connexion du premier flexible, ils ont constaté que la visserie à leur disposition ne leur permettait pas de raccorder correctement le premier flexible. L'un des deux opérateurs est allé chercher le matériel correspondant pendant que le second démontait la seconde bride. Au retour du premier opérateur, ils ont raccordé les deux flexibles.

Après échange entre eux, les opérateurs ont décidé de procéder au test d'étanchéité en mettant sous pression les deux flexibles et en vérifiant la pression au manomètre. Ils ont donc ouvert les vannes n° 1 à 6 et XV1 et XV2 et maintenue fermée la vanne XV3. Puis après fermeture de la vanne 1, la pression demeurant constante à l'issue des trois minutes, ils en ont déduit que le test d'étanchéité était validé.

L'un des deux opérateurs a ensuite préparé l'opération de barbotage tandis que le second rangeait le matériel nécessaire à la connexion et a quitté la zone. L'opérateur présent sur site a positionné le jeu de vannes de façon à injecter l'azote dans le tube plongeur et de dégazer le ciel. Il a ouvert les vannes XV1, XV2, les vannes 1, 2, 4, 5, 6 et la vanne n° 8 de by-pass. La vanne XV3 et les vannes 7 et 3 étant restées fermées.

Après un contact avec le chef d'équipe, l'opérateur a ouvert les deux vannes du conteneur (n° 9 et 10) ce qui a permis de démarrer l'opération de barbotage. Il s'est éloigné de la panoplie de commandes pour réaliser une opération de contrôle dans un autre secteur. À son retour, il a constaté une émission de fumée au pied du conteneur et un écoulement du produit par la cheminée. Il a prévenu par radio son chef d'équipe et a fermé deux vannes d'arrivée d'azote (au moins la vanne n° 1). Il a été rejoint par son chef d'équipe qui a confirmé la fuite de $TiCl_4$. Au vu de la fuite, la zone n'était plus accessible sans protection et ils ont évacué la zone.

V.2 L'intervention des secours publics

Les secours publics ont été appelés rapidement dans le cadre du déclenchement du POI³. Au regard de la nature et de l'importance de la fuite, ils ont mis en œuvre un dispositif hydraulique de manière à atténuer la concentration d'un éventuel nuage d'acide chlorhydrique susceptible de se former par réaction entre le $TiCl_4$ et l'humidité présente dans l'atmosphère.

En parallèle, ils ont mis en place avec l'exploitant un réseau de mesures pour vérifier l'éventuelle extension du nuage.

Ils participeront enfin au rinçage du produit déversé en appui des personnels de l'exploitant, après avoir expérimenté cette méthodologie opérationnelle sur de petites quantités de produit.

VI. Conclusions sur le scénario de l'événement

VI.1 Scénario

A la prise de poste, le chef d'équipe a réalisé une réunion concernant l'organisation du travail à réaliser. Il a affecté les trois opérateurs en en 2x8 à la semaine à des tâches au catalyseur A-PE. Les deux autres opérateurs, dont la formation n'était pas complète, ont été affectés au secteur A-PP. Le poste de dépotage sortait quant à lui d'une opération de maintenance qui a concerné la remise en état de la

³ Plan d'opération interne

plate-forme (le conteneur a été retiré et les flexibles changés). Le chef d'équipe a alors demandé aux deux opérateurs :

- D'arrêter le balayage des deux flexibles de dépotage ;
- De raccorder les flexibles au conteneur ;
- D'effectuer un test d'étanchéité.

Cette séquence n'appartient pas au process normal de fonctionnement et n'est pas non plus clairement identifiée comme une opération de maintenance. La demande du chef d'équipe ne s'appuie sur aucune procédure existante et se base uniquement sur la bonne connaissance des intervenants.

En arrivant sur site, les deux opérateurs constatent que certaines consignations sont encore en place suite à l'opération de maintenance. Le chef d'équipe procède alors à ces déconsignations.

Les deux opérateurs arrêtent le balayage à l'azote et démarrent les opérations de connexion des flexibles sur le conteneur. Ils démontent la bride pleine de ce qu'ils pensent être la phase liquide et vérifient la présence de la mention « Liquid » sur le piquage et la couleur (mauve) de la bride de l'installation fixe, les flexibles quant à eux n'ont pas de couleurs distinctives.



Photo 4 Flexibles coté installation

Au moment de raccorder les brides du conteneur et des flexibles, ils font le constat que la boulonnerie dont ils disposent est inadaptée (les vis sont trop courtes).

Pendant que l'un des deux opérateurs retourne chercher le matériel adapté, l'autre démonte la deuxième bride pleine sur le conteneur. Muni de la boulonnerie correcte, il procède à la fin du raccordement du flexible de la phase liquide, et, sans autre vérification, connecte le flexible de la phase gazeuse.

À ce stade, l'inversion des deux flexibles est créée. Sans être suffisante pour déclencher la fuite de produit, elle constitue l'une des conditions nécessaires ayant conduit à l'accident. Le Pid correspondant à cette configuration est repris dans la figure n° 6.

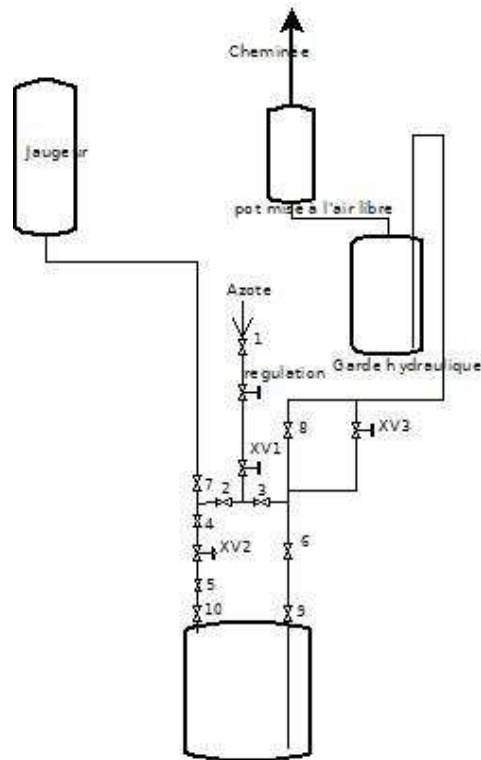


Figure 6 Branchement inversé

À l'issue de ce branchement, les opérateurs décident de procéder au test d'étanchéité par une mise en pression à 2.5 bars, puis en vérifiant l'absence de chute de pression. Ces opérations sont réalisées sans autre validation de leur hiérarchie. Les vannes n° 9 et 10 restant fermées pour maintenir le conteneur isolé, ils mettent en pression et vérifient l'absence de chute de pression. À l'issue de ce test, ils concluent à la correcte connexion du conteneur.

Le test, tel que souhaité par le chef d'équipe consistait en une vérification par bullage de l'étanchéité des flexibles. Le changement de méthode de test n'a néanmoins pas eu d'influence sur le déroulement de l'évènement.

Pendant qu'un des deux opérateurs range le matériel et s'apprête à réaliser d'autres tâches, le second décide de préparer un barbotage. Cette opération est prévue pour la connexion du conteneur d'un type particulier d'alkyle pour lequel il a déjà vu faire celle-ci. Cette opération n'est toutefois pas requise pour le $TiCl_4$; l'opération de barbotage consiste à mettre à l'atmosphère, via la garde hydraulique et la capacité avant la cheminée, le ciel gazeux du conteneur et à injecter de l'azote sous pression dans le circuit liquide du conteneur. Sur le conseil de son collègue, il contacte tout de même le chef d'équipe par radio en lui indiquant les éléments suivants :

- « Test d'étanchéité OK »
- « Mise en pression côté liquide et dégazage côté gaz »

Le chef d'équipe valide. L'opérateur resté seul sur zone ouvre alors les deux vannes 9 et 10 sur le conteneur.

Du fait de l'inversion de branchement des flexibles, il injecte de l'azote sous pression dans le ciel gazeux du conteneur. La phase liquide est, elle, à la pression atmosphérique. Mis sous pression, le $TiCl_4$ vient remplir la garde hydraulique puis le réservoir avant la cheminée. La cheminée se remplit également et l'éjection de $TiCl_4$ via cette dernière a lieu vers 16h10, générant la perte de confinement. La circulation

des fluides est reprise en figure n° 7, sur laquelle les vannes fermées sont représentées en rouge et les vannes ouvertes, en vert.

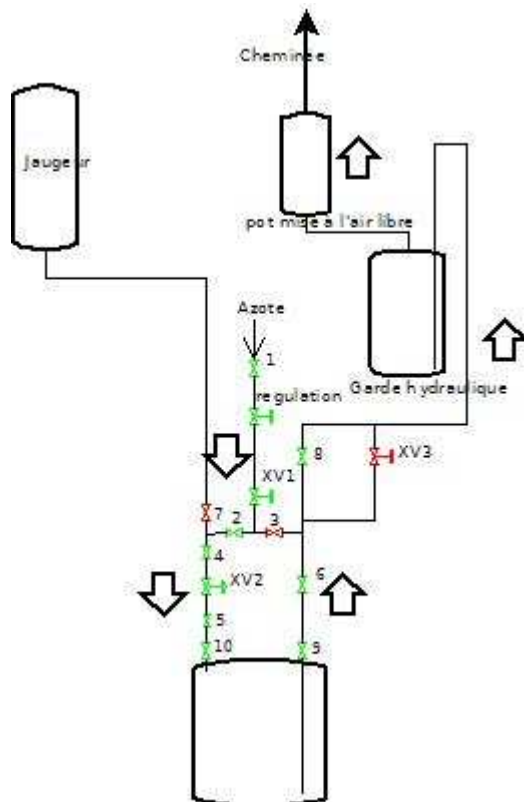


Figure 7 Circuit lors de la fuite

La fuite a lieu à faible pression du fait de la hauteur de rejet (de l'ordre de 20,5 mètres) et de la densité assez forte du produit (1,73).

Les deux causes primaires sont donc :

- L'inversion de branchement des deux phases du conteneur (liquide et gaz) ;
- La réalisation d'une opération de barbotage non nécessaire, s'agissant du tétrachlorure de titane qui ne présente pas de risque de cristallisation.

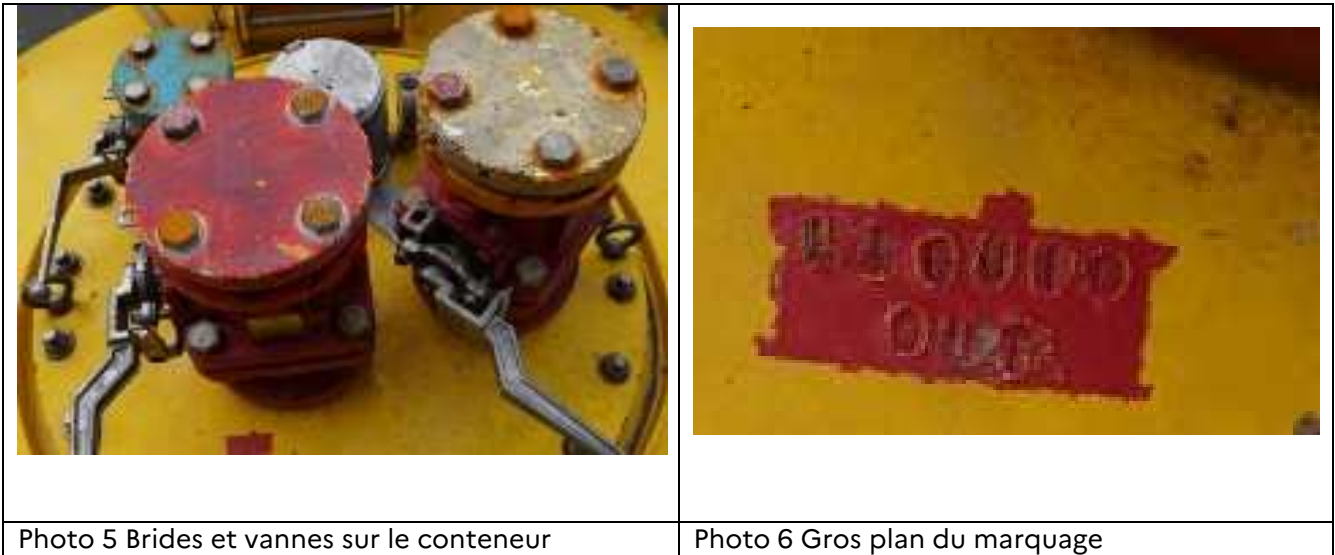
VI.2 Facteurs contributifs

VI.2.1 La conception de l'installation

L'installation ne comprenait aucun dispositif de détrompage du fait de l'utilisation des deux piquages, dit « en phase liquide », en DN50. Notamment, l'utilisation du piquage en DN50 pour la phase gazeuse n'a pas de justification technique (pertes de charge ...). Les deux flexibles sont d'ailleurs en diamètre DN25 et muni d'une manchette de réduction DN50-DN25.

En complément, le repérage par un code couleur des deux brides est délicat car seule la circonférence des brides (cf. photo 4) reprend le code couleur. En principe, les brides pleines sont également repérées par un code couleur mais le fait qu'elles soient démontables peut générer des inversions.

Enfin, le repérage par marquage à froid à proximité des piquages est difficile à déchiffrer et le peu de différence entre les mentions « Liquid in » et « Liquid out » porte à confusion, surtout lorsque les opérateurs sont équipés de masque anti-covid et de lunettes de protection se remplissant de buée par le biais de la respiration de ces derniers.



VI.2.2 Les procédures

Les procédures transmises au BEA-RI sont très laconiques et ne permettent pas de réaliser l'opération de branchement du conteneur sans une formation spécifique sur le poste de dépotage du $TiCl_4$. La procédure à suivre relève uniquement de la transmission par le biais du compagnonnage.

Le dépotage des conteneurs de matières premières comprend également des spécificités en fonction du produit dépoté et notamment des opérations complémentaires qui sont physiquement réalisables y compris sur des postes où elles n'ont pas lieu d'être.

Ainsi, les mêmes opérateurs procèdent à des opérations analogues de remplacement des conteneurs d'alkyde et de $TiCl_4$ sur les différents postes de dépotage des ateliers A-PE (catalyseurs polyéthylène) et A-PP (catalyseurs polypropylène), mais ces opérations ne sont pas identiques (notamment pas de barbotage requis pour le $TiCl_4$).

L'absence de procédures sur les vérifications à faire et les délais importants entre le remplacement de deux conteneurs sur l'atelier A-PP par rapport à l'atelier A-PE impliquant une faible pratique, conduit à la possibilité pour les opérateurs de dévier de la procédure adaptée. Enfin, ces procédures ne définissent pas, pour les points délicats, des vérifications croisées par un opérateur ou par un chef d'équipe.

VI.2.3 La définition des tâches

Lors de la définition des tâches, l'absence de définition claire des actions à mener a entraîné une différence de compréhension entre le chef d'équipe et les deux opérateurs. Notamment, la différence de connaissances des procédés et des opérations à mener a induit une interprétation erronée par un des opérateurs des actions à mener.

Ainsi un des opérateurs a, de son propre chef, mis en place une opération de barbotage qu'il avait déjà mené sur un autre type de conteneur (conteneur Alkyle) alors même que cette procédure n'est jamais mise en place pour le $TiCl_4$.

C'est aussi le cas en matière de test d'étanchéité (divergence de méthode à mettre en place).

La même interprétation erronée se poursuit dans les échanges, notamment par radio, où les deux parties interprètent les échanges au regard de leur propre représentation des tâches à exécuter.

VI.2.4 La formation des opérateurs

La formation des opérateurs, du moins sur les postes de fabrication, repose d'une part sur des formations théoriques issue d'un plan de qualification et portant pour l'essentiel sur des connaissances académiques de base et d'autre part sur des formations pratiques centrées sur le compagnonnage et l'encadrement du chef d'équipe. Les procédures existantes viennent former un chapeau général sur cette formation mais ne constituent pas, du fait de leur généralité, un véritable guide tels que peuvent être formatés des guides méthodologiques.

L'organisation et le suivi des formations internes au poste de travail (hors formations habilitantes par exemple au titre d'une réglementation) sont à la charge du service de rattachement.

Chaque manager est tenu de préparer, pour les nouveaux arrivants ou en cas de changement de définition d'une fonction, la liste des étapes de formations nécessaires. C'est à lui de s'assurer de la mise en œuvre de ce plan et de sa validation avant que le salarié « apprenti » ne soit autorisé à exercer son rôle en toute autonomie.

De plus, les difficultés de recrutement rencontrées par l'ensemble de la profession rendent parfois délicate la constitution d'équipes comprenant un opérateur expérimenté ou ayant au minima achevé sa formation et un ou plusieurs opérateurs en cours d'apprentissage. Le chef d'équipe ne peut être, du fait de ses responsabilités, présent en permanence pour encadrer et former les opérateurs.

Ainsi lors de l'évènement, les deux opérateurs étaient en cours de formation mais n'avait jamais réalisé l'opération sur ce type de produit en complète autonomie. Le chef d'équipe devait de plus ce jour-là encadrer une équipe assez étoffée et ne disposait pas du temps nécessaire pour être présent en permanence avec les deux opérateurs

VII. Enseignements de sécurité

VII.1 La nécessité d'un détrompage

Lors du dépotage d'un conteneur de matière, il est très important d'assurer sa connexion à l'installation fixe sans ambiguïté sur les branchements à réaliser. Notamment, il faut éviter toute inversion vis-à-vis des phases liquide et gaz. Au-delà d'un repérage soigné des flexibles et de leurs dispositifs de connexion tant du côté conteneur que du côté installation fixe, un détrompage mécanique (types de connecteur différents, dimensions différentes, ...) permet d'éviter toute inversion.

VII.2 Les procédures

Les procédures doivent constituer des guides opérationnels dans les différentes phases de production et surtout une aide et une référence pour les opérateurs. Elles doivent couvrir l'ensemble des opérations élémentaires nécessaires aux fabrications, notamment lorsque ces opérations mettent en jeu des matières dangereuses ou des opérations susceptibles de générer des pertes de maîtrise de ces matières ou du process. Elles peuvent être spécifiques à une opération ou revêtir un caractère générique (couvrir par exemple l'ensemble des dépotages).

Pour les procédures à caractère générique (dépotage, etc.), les procédures doivent également prendre en compte les spécificités des produits et des postes et indiquer clairement celles des opérations qu'elles décrivent qui sont ou ne sont pas à effectuer en fonction des spécificités par exemple du produit en cause. Elles doivent aussi clairement préciser leur domaine d'application et exclure par exemple des opérations relevant de la maintenance.

VII.3 Le pilotage des équipes

Comme le BEA-RI l'a déjà indiqué dans d'autres rapports, le passage des consignes notamment en début de quart est un moment particulièrement important. La correcte répartition des tâches et leur définition en référence à des procédures connues et répondant aux caractéristiques énoncées au paragraphe précédent sont un élément clé en matière de sécurité.

De la même façon, en cas de travaux particuliers, notamment pour les opérations ne faisant pas l'objet de procédures, un soin particulier doit être apporté à la définition des opérations attendues, des points de contrôle et/ou de validation par la hiérarchie.

Deux opérateurs n'ayant pas terminé et validé leur cycle de formation ne doivent pas être laissés en binôme pour la réalisation de telles manœuvres sans la présence de leur hiérarchie ou d'autres opérateurs déjà qualifiés.

VII.4 La formation

La formation des opérateurs, notamment dans un contexte difficile de recrutement, induisant un turnover important des personnels et avec peu d'expérience, est un point fondamental de la sécurité. À ce titre, une formation mêlant rappel des connaissances académiques, formation appliquée et compagnonnage présente de nombreux avantages. Ce processus demande du temps et dure plusieurs années.

Le processus de formation doit également s'appuyer sur des documents suffisamment détaillés pour être des supports fiables lors de la réalisation des opérations par des agents en cours d'apprentissage. À ce titre, des procédures telles que décrites au paragraphe VII-2 peuvent convenir comme tout autre document de formation permettant ce support opérationnel.

VII.5 Le pilotage de l'intervention en cas d'accident

L'intervention en cas d'accident fait en général l'objet de procédures définies dans le cadre du POI. Le POI ne peut néanmoins être totalement exhaustif, notamment sur des accidents peu fréquents, ou dans des circonstances exceptionnelles. Lorsque celles-ci surviennent et nécessitent des réponses opérationnelles qui n'ont pas été prévues dans le POI, il convient qu'un mécanisme de vérification soit prévu dans le POI afin de valider ces réponses. Notamment, cette vérification doit porter sur le traitement de l'incident mais également sur l'absence d'effets néfastes sur l'ensemble des compartiments à protéger (eau, air, sols etc.). Lors de l'évènement Il a été procédé à cette vérification à la demande expresse de la DREAL Grand-Est

VIII. Recommandation de sécurité

VIII.1 A destination de l'exploitant qui accueille ce type d'équipement

VIII.1.1 La mise en place de détrompage

Le BEA-RI recommande la mise en place d'un détrompage physique permettant de garantir la correcte connexion du ciel gazeux d'un conteneur matière dangereuse. En effet, la correcte connexion du ciel gazeux permettra de garantir que l'accident survenu ne pourra plus arriver. Il est à noter que dans les échanges entre le BEA-RI et l'exploitant, ce dernier a d'ores et déjà indiqué avoir retenu cette mesure.

VIII.1.2 La refonte des procédures

Le BEA-RI recommande la mise en place de procédures plus détaillées que celles existantes, notamment pour les opérations élémentaires nécessaires aux fabrications lorsque ces opérations mettent en jeu des matières dangereuses ou pour les opérations susceptibles de générer des pertes de maîtrise de ces matières ou du process. Ces procédures s'appuieront sur des données documentaires à jour en matière notamment de plan d'instrumentation

Un soin particulier sera porté à la rédaction de ces procédures sur leur capacité à être un appui pour des opérateurs en cours de formation.

VIII.1.3 La formation

Renforcer le compagnonnage dans le cadre de la formation des opérateurs. Notamment, veiller à ce que les opérateurs en formation soient accompagnés soit par la hiérarchie soit par des opérateurs déjà qualifiés lors de la réalisation d'opérations pour lesquels ils ne sont pas encore autonomes. En fonction de leur importance en matière de sécurité et sans pour autant se substituer aux exploitants, la mise en place des compagnonnages et les procédures sur lequel ils s'appuient devront faire l'objet d'un appui de la part du service HSE tant pour leur définition que dans le cadre de leur réalisation



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



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

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

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

<http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/bea-ri-r549.html>