

Chimie
Polymérisation
Monomère
Autoclave
Batch
Vanne
Opérations manuelles
Organisation

Fuite de chlorure de vinyle dans une usine chimique

Le 3 février 2004

TAVAUX (39) - France

PARTIE DE L'USINE CONCERNÉE :

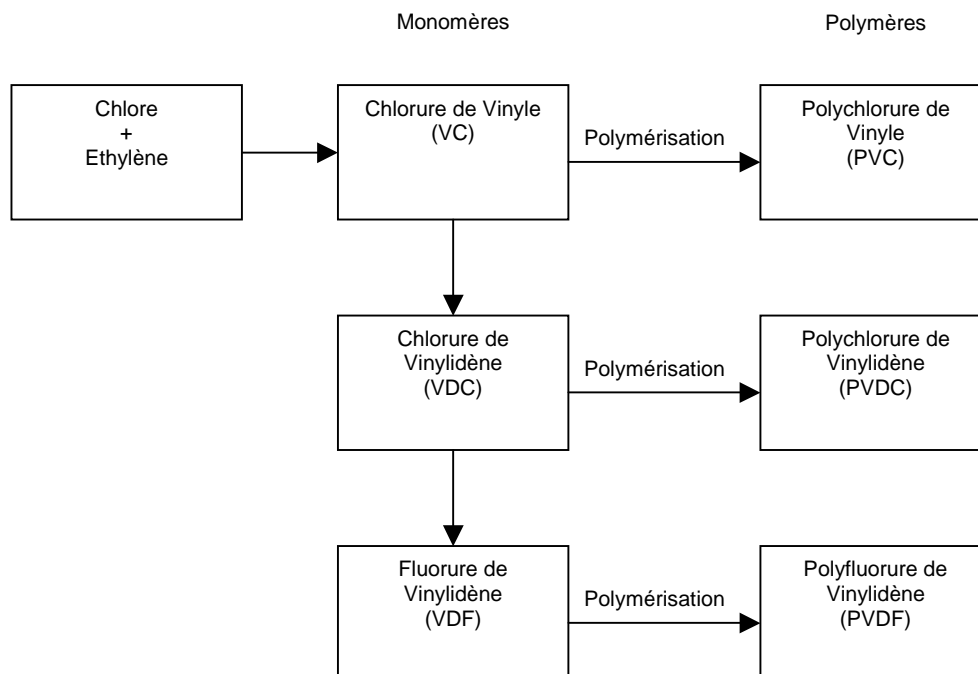
Plate-forme chimique parmi les plus importantes de France, l'usine, créée en 1930, s'étend sur près de 200 ha, à 10 km de Dole (39). Elle emploie près de 1 600 personnes sur le site et 700 personnes d'entreprises extérieures.

L'établissement qui relève du régime des servitudes d'utilité publique Seveso Seuil Haut, regroupe 26 installations AS (emploi et stockage de liquides très toxiques et toxiques, fabrication, stockage et emploi de chlore, stockage de gaz inflammables liquéfiés, stockages et fabrication de liquides inflammables...). Les mesures prévues pour la maîtrise de l'urbanisation autour de l'usine concernent deux cercles de rayon 1 000 et 1 500 m centrés sur le stockage de chlore.

Depuis de nombreuses années, ses activités fondées sur l'exploitation et la transformation du sel (production de carbonate de soude essentiellement) se sont développées vers des productions à fort contenu technologique et à haute valeur ajoutée en se spécialisant dans les produits chimiques et matières plastiques nécessaires aux industries.

La production de base reste axée autour du polychlorure de vinyle (PVC) et du polychlorure de vinylidène (PVDC) ; le tonnage des principaux produits en 2004 est de l'ordre de 1 250 000 t /an tous produits confondus dont plus de 300 000 t de matières plastiques diverses (PVC, PVDC et PVDF).

Ces matières plastiques sont produites à partir du Chlorure de Vinyle Monomère (CVM), lui-même issu de la réaction du chlore et de l'éthylène. Le circuit de fabrication des 3 matières plastiques est le suivant :



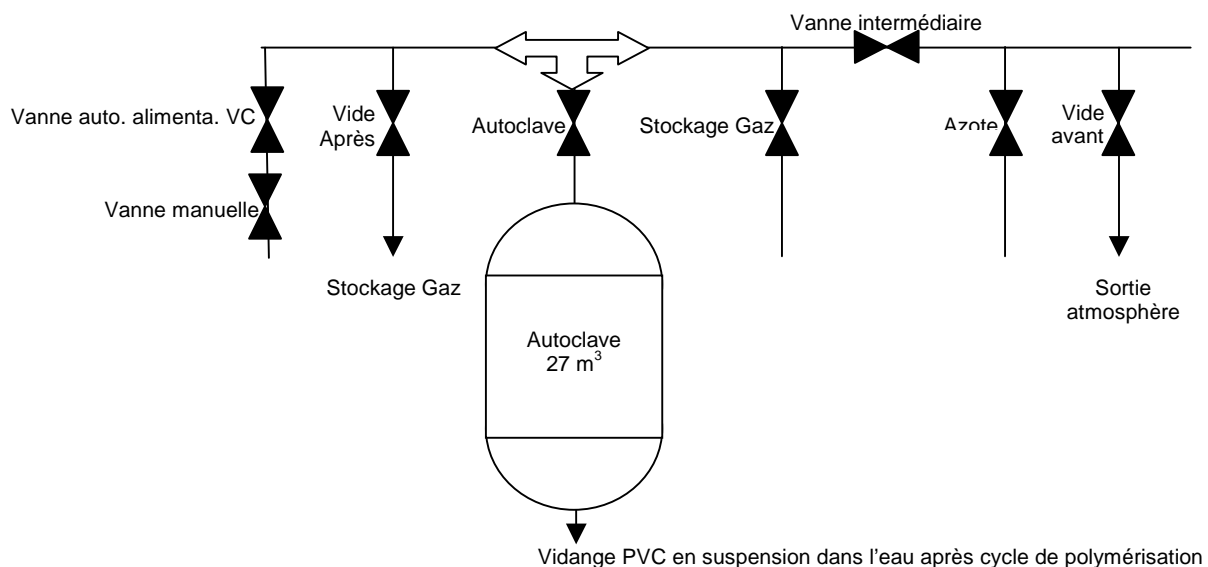
Le CVM, généralement stocké sous la forme d'un gaz liquéfié (GLI) est très inflammable (F+, R12) et cancérigène (T, R45).

L'accident s'est déroulé dans l'une des installations de fabrication du PVC (secteur polymérisation du CVM).

La partie de l'installation concernée qui date de 1969, regroupe 13 autoclaves de 27m³ où s'effectue la polymérisation selon un procédé discontinu (« batch ») nécessitant leur ouverture entre 2 polymérisations. Cette installation est faiblement automatisée, notamment au niveau des processus de remplissage, de vidange et d'assainissement des autoclaves. L'accident s'est produit à partir d'une canalisation d'entrée / sortie de CVM de l'un d'entre eux :



Le circuit peut se représenter par le schéma simplifié suivant :



Remarque : La vanne intermédiaire permet d'isoler l'autoclave de tout circuit non prévu pour véhiculer du CVM.

Avant introduction du CVM, une série de manœuvres préliminaires est réalisée :

- remplissage en eau,
- dispersant et catalyseur,
- dégazage sur le réseau dit « Vide Avant » pour évacuer les traces d'oxygène (présence d'air).

Ces opérations manuelles ne font pas l'objet d'une opération de qualification formalisée avant l'autorisation de la séquence automatique d'introduction de CVM. Avant les modifications apportées à la suite de l'accident, l'installation ne dispose en effet que de 2 fonctions automatisées :

- Remplissage de CVM,
- Suivi de la réaction de polymérisation.

Le personnel dispose d'une habilitation pour réaliser ces opérations. Des modes opératoires les décrivent, mais sans les accompagner de formulaire d'enregistrement des différentes étapes.

L'ACCIDENT, SON DÉROULEMENT ET SES CONSÉQUENCES :

Le 3 février 2004, lors de l'une des manœuvres préliminaires au remplissage en CVM de l'autoclave n° 11, l'opérateur est interrompu à 5h04 par une demande automate pour intervenir sur l'autoclave n°13. Cette interruption se produit lors de la phase de dégazage préliminaire de l'autoclave n°11 sur le circuit de « Vide Avant ».

Revenant à l'autoclave n°11 vers 5 h, l'opérateur omet de fermer la vanne de dégazage sur le circuit de « Vide Avant » et autorise le remplissage ; une partie du CVM se dirige vers le réseau de « Vide Avant » et est rejeté à l'atmosphère par une cheminée à 14 m.

Dans le même temps, la montée en pression du réseau de « Vide Avant », consécutive à cette fausse manœuvre, provoque également une émission de CVM dans la salle de polymérisation par un autre autoclave ouvert sur ce même circuit. L'alerte donnée à 5h09 par le réseau de surveillance chromatographique de l'air (seuil de déclenchement des sondes : 10 ppm) permet à l'opérateur de détecter son erreur après 3 min, durant lesquelles 1,6 t de CVM sont émises à l'atmosphère.

Au moment des faits, la principale conséquence redoutée a été celle de la formation d'un nuage explosif susceptible d'atteindre des zones non protégées offrant des sources d'ignition.

Evaluation des conséquences :

EXTERIEUR :

Le point d'émission extérieur est le sommet d'une cheminée haute de 14 m et d'un diamètre intérieur de 310 mm.

Compte tenu des conditions météo, une évaluation du nuage effectuée à l'aide du logiciel PHAST met en évidence que :

- les concentrations LIE et LSE sont inscrites dans un parallélogramme H=3 m - l=3 m - L=17 m au dessus du point d'émission à 14 m du sol (nuage dans lequel aucune source d'ignition ne se trouve),
- la concentration SEL est inscrite dans un parallélogramme H≤1 m - l≤1 m - L=2 m autour du point d'émission, zone dans laquelle le personnel n'est pas exposé.

La zone SEI (seuil d'effet irréversible) n'est pas définie car il n'existe plus de seuil référencé pour cette substance depuis le dernier rapport de l'INERIS en la matière édité en 2000. A titre indicatif, la zone correspondant au seuil d'effet réversible (NO Effet Level du VC : 8 000 ppm) est inscrite dans le parallélogramme H=6 m - l=7 m - L=42 m au dessus du point d'émission à 14 m du sol.

Enfin, aucune mesure de concentration hors de la plate-forme n'a été réalisée du fait des faibles niveaux relevés sur les sondes chromatographes les plus proches du lieu d'émission du CVM à la suite de la dilution rapide du nuage.

ATELIER DE FABRICATION :

La présence de CVM a été détectée dans la salle de polymérisation à partir de son réseau de surveillance chromatographique de l'air. La concentration maximale enregistrée pour une sonde a été de 2 763 ppm durant moins de 20 min. Ce réseau comprend 10 sondes scrutées chacune toutes les 2 mn pour chacun des 2 chromatographes.

L'atelier de fabrication a été évacué de 5h09 à 7h32.

AUTRES ATELIERS :

L'atelier de fabrication du PVDC a déclenché une évacuation à 5h20, pendant 58 mn, à la suite de la détection de CVM par son réseau de surveillance chromatographique de l'air. La concentration maximale a été de 22 ppm pour une durée inférieure à 20 min.

La fuite de CVM étant de courte durée, les risques dus à une intoxication aiguë sont à privilégier. Les risques cancérogènes liés à une exposition chronique n'ont pas été pris en compte.

Aucune conséquence humaine n'a été finalement observée.

ECHELLE EUROPEENNE DES ACCIDENTS INDUSTRIELS

En utilisant les règles de cotation des 18 paramètres de l'échelle officialisée en février 1994 par le Comité des Autorités Compétentes des États membres pour l'application de la directive 'SEVESO', l'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants, compte - tenu des informations disponibles.

L'accident de Tavaux se caractérise par les indices suivants:

Matières dangereuses relâchées				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences humaines et sociales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences environnementales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences économiques				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les paramètres composant ces indices sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>

L'accident a provoqué l'émission à l'atmosphère de 1,6 t de CVM. Le seuil Seveso de cette substance étant de 200 t, la quantité perdue correspond à 0,8 % du seuil. L'indice relatif aux quantités de matières dangereuses pour ce pourcentage est de 2 (cf. paramètre Q1). Les pertes d'exploitation liées à l'arrêt de l'atelier pour modification sont de 520 000 euros et expliquent l'indice relatif aux conséquences économiques égal à 2 ($500\ 000 \leq C < 2\ 000\ 000$ euros).

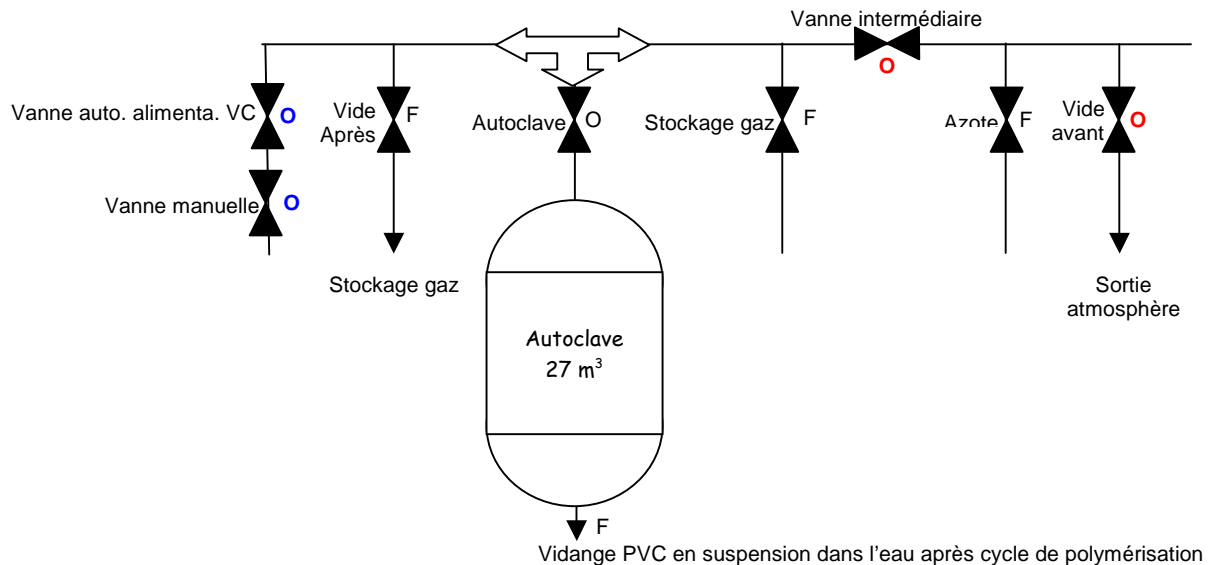
ORIGINE, CAUSES ET CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT :

La séquence de remplissage de l'autoclave en CVM est gérée par un automate qui vérifie avant d'autoriser l'introduction du monomère :

- la position fermée de toutes les vannes d'alimentation de CVM des autres autoclaves,
- la mise en service de l'agitateur de l'autoclave,
- la mise sous vide de l'autoclave (<0,5 bar),
- l'absence de débit sur la ligne d'introduction de CVM.

Il n'existe donc pas d'instrumentation sur les vannes d'isolement des autres circuits (Vide avant, Vide après, Stockage gaz, azote, ...) qui soit prise en compte dans la séquence de chargement CVM. La vérification du positionnement de ces vannes avant le remplissage en CVM fait l'objet de modes opératoires qui amènent l'opérateur à permettre la commande de la vanne automatique de remplissage en CVM par l'automate. Toutefois, l'opérateur amené à intervenir sur l'autoclave n° 13 a perdu l'ordonnancement des manœuvres préliminaires au remplissage de l'autoclave n° 11 et a autorisé l'opération au retour de l'employé alors que la vanne manuelle « intermédiaire » et la vanne de « Vide avant » n'étaient pas fermées.

Le schéma ci-dessous présente la rampe des vannes d'isolement et la position de celles-ci à cet instant :



Causes identifiées :

- Cause n°1 : des manœuvres préliminaires mal qualifiées avant autorisation d'introduction de CVM,
- Cause n°2 : défaut de surveillance permanente du réseau de « Vide Avant ».

Remarque : l'opérateur à l'origine de cette manœuvre a 33 ans d'expérience dans le secteur PVC dont 10 ans sur cette installation. Son expérience et sa compétence lui permettent d'être membre de l'équipe des formateurs des nouveaux arrivants sur l'installation.

MESURES PRISES :

La DRIRE a demandé à l'exploitant de proposer un ensemble de mesures immédiates pour sécuriser le contrôle des opérations préliminaires en éliminant les causes identifiées et en apportant la preuve de l'efficacité de ces mesures.

En second lieu, devant le faible niveau d'automatisation de cet atelier de polymérisation, il a été demandé, demande reprise par le CHSCT (Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail) de l'entreprise, la mise en place d'un groupe de travail avec pour objectif d'identifier toutes les opérations manuelles à risques pouvant avoir des conséquences graves sur la santé et l'environnement, puis de proposer les barrières de sécurité correspondantes. Enfin, des inspections ont été réalisées conjointement avec la DDTEFP (Direction Départementale du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle) en mars, juin, décembre 2004 et avril 2005.

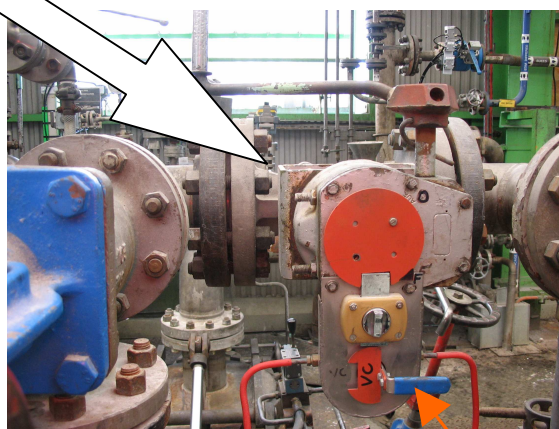
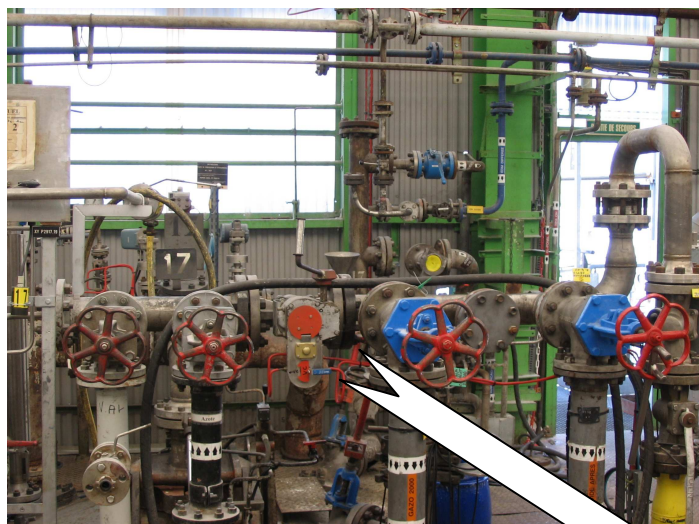
L'exploitant a pris immédiatement la mesure suivante :

- la vanne manuelle positionnée en amont de la vanne automatique de chargement de CVM est fermée et bloquée par une chaîne cadenassée (photo ci-dessus). Dans cette configuration, le remplissage en CVM devient impossible. Pour le rendre réalisable et permettre l'ouverture de cette vanne manuelle amont, une procédure utilise cette même chaîne pour bloquer et cadenasser en position fermée la vanne manuelle dite « intermédiaire » (voir schéma précédent). Dans cette configuration, la séquence de remplissage en CVM de l'autoclave est autorisée, toute expulsion étant rendue irréalisable. Cette mesure de pilotage se limite dans son objectif à attirer l'attention de l'opérateur sur la configuration de l'installation. Elle est active sur l'ensemble des autoclaves tant que les mesures prises pour pallier la cause n°2, présentées ci-après ne sont pas mises en œuvre.

Et à court terme :

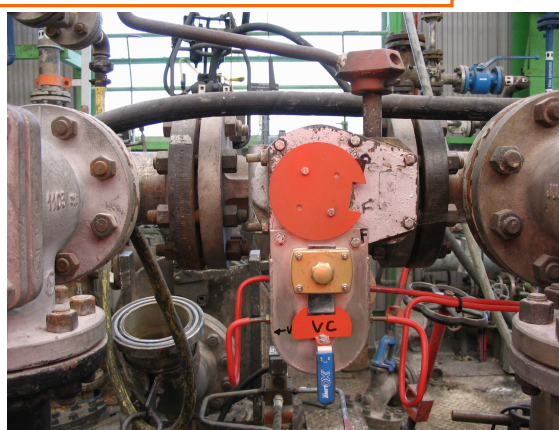
- action corrective sur la cause n°1 : formalisation et enregistrement de la qualification des manœuvres préliminaires au démarrage d'un autoclave avant de donner l'autorisation de remplissage en CVM. Mesure réalisée le 12/02/04.
- action corrective sur la cause n°2 : étude de mesures techniques pour renforcer la surveillance du réseau de Vide Avant. Le résultat de cette étude est remis le 28/02/04 avec une proposition de délai de réalisation sur les 13 autoclaves :
 - modification du circuit de commande de chargement pour le 05/04/04, en mettant en place un système mécanique interdisant le chargement de CVM si la vanne « intermédiaire » n'est pas fermée (photo ci-après) :





Remplissage CVM autorisé :

Vanne permettant l'alimentation pneumatique de la vanne automatique de remplissage de CVM



Remplissage CVM interdit :

- ❑ mesure de pression sur la ligne de « vide avant » pour le 17/03/04, pour confirmer toute présence de CVM dans le réseau de « vide avant »,
- ❑ fractionnement du chargement de CVM en 2 étapes : à 200 kg dans un premier temps, suivi d'une temporisation de 2 mn avant de reprendre le chargement si aucune détection de fuite n'est relevée. La relance du chargement s'effectue sur autorisation automate (fin temporisation 2 mn) avec un acquittement opérateur en salle de contrôle. Le déploiement de cette modification sur les 13 autoclaves est effectif au 01/04/04.

Coût de ces actions correctives : 20 000 € dont la moitié pour modifier le programme de gestion du chargement de CVM par les automates.

A ce jour, plusieurs fonctions automatisées ont été ajoutées à l'installation :

- position fermée de toutes les vannes de CVM des autres autoclaves,

- fractionnement du remplissage de CVM : 200 kg puis solde de 10 t sur autorisation de l'opérateur,
- contrôle de la position fermée de la vanne intermédiaire.

A moyen et long terme :

- Mise en place d'un groupe de travail de 7 personnes constitué du personnel de l'atelier, de membres du CHSCT et d'un autre atelier voisin, groupe piloté par le chef d'atelier. L'objectif de ce groupe est d'établir un plan d'actions visant, dans un premier temps, à lister l'ensemble des opérations manuelles pouvant engendrer une situation accidentelle de rejet de CVM selon tous les circuits possibles, puis, dans un deuxième temps, à mettre en œuvre les barrières correspondantes pour pallier l'erreur humaine sur les opérations identifiées.

Le groupe de travail qui se réunit 2 fois par mois pour une durée de 2h30, structure sa démarche en mettant en œuvre la méthode AMDEC. Dans son analyse, sur la demande du chef de service, le groupe de travail a également inclus les phases transitoires, en particulier les étapes de maintenance riches en opérations manuelles.

Un premier bilan sur la mise en place de ce plan d'action récurrent est effectué avec la DRIRE le 05/04/04, suivi de 3 réunions réalisées conjointement avec l'inspecteur du travail. Par ailleurs, les CHSCT ont été tenus informés des travaux du groupe. Les inspecteurs de la DRIRE et de la DDTEFP, destinataires des comptes-rendus des CHSCT, ont également été informés.

Au total, le groupe de travail a identifié 39 séquences d'opérations manuelles pouvant engendrer une perte de confinement de CVM. Les séquences ont fait l'objet de propositions de barrières techniques, déclarées éventuellement EIPS et complétées dans certains cas de barrières organisationnelles.

Le groupe s'est réuni 15 fois et a établi le plan d'action sur la base des propositions retenues lors de l'analyse AMDEC. Ces propositions seront réalisées pour un montant d'investissement de 150 k€, leur mise en place étant programmée sur l'année 2005.

Une intervention conjointe Inspection du travail / Inspection des Installations Classées :

Une enquête commune Inspection du Travail / Inspection des Installations Classées a été réalisée :

- En raison de la nature de l'accident impliquant une nouvelle fuite de CVM, classé cancérigène (R45), sur une installation de la plate-forme de Tavaux. La fuite précédente, remontant à 2002, mais sur une autre installation, avait déjà fait l'objet d'une inspection commune.
- à la suite de la mise à l'écart de l'opérateur.
- le CHSCT ayant rapidement demandé une réunion extraordinaire relative à cet incident.

Action du CHSCT :

Une réunion extraordinaire a eu lieu le 03/03/04, avec demande de présence de l'Inspection du Travail et de la DRIRE.

Selon les membres du CHSCT, cette installation présentait les caractéristiques suivantes :

- chantier ancien, dont l'arrêt avait été annoncé plusieurs fois,
- une charge de travail importante pour le personnel, l'atelier P69 faisant l'objet d'une forte demande de production.
- personnel en sous-effectif (avec beaucoup d'arrêts maladie longue durée selon la direction) et fortement stressé, travaillant en redoutant une fausse manœuvre,
- sécurité insuffisante, les contrôles des opérations reposent sur des cahiers de procédures ou l'opérateur doit cocher une à une les opérations qu'il réalise successivement lors d'un cycle de production. Les travaux réalisés ont montré que cette procédure ne garantit pas un niveau de sécurité suffisant pour le site et reporte d'une certaine manière la responsabilité sur le personnel en cas d'incident.

Le CHSCT a été missionné pour une expertise interne avec les compétences du personnel pour :

- analyser toutes les tâches du chantier P69 (démarrage, arrêt, fonctionnement normal et dégradé),
- recenser tous les modes opératoires,
- identifier les risques de mise à l'atmosphère de CVM,
- analyser l'impact de l'organisation du travail sur le séquençage des tâches,
- identifier les facteurs pouvant influencer sur les conditions de travail du personnel.

Cette décision est venue s'ajouter à celle déjà prise par l'exploitant le 16/02/04 lors d'une réunion avec la DRIRE pour la présentation du plan d'actions à court, moyen et long terme, à savoir, pour ce dernier :

- recenser toutes les opérations à risque de fuite de CVM à l'atmosphère (en exploitation, en maintenance, en marche dégradée),
- trouver et mettre en place des barrières techniques et organisationnelles.

➤ Au final, un groupe de travail (GT) interne est créé avec participation du personnel concerné et de certains membres du CHSCT connaissant particulièrement l'installation P69.

Ce GT, défini en réunion de CHSCT du 11/03/04, comprend :

- 1 responsable animateur : le chef de fabrication du PVC Suspension (PVC S)

- 2 personnels du PVC S : le chef de poste P69 / P79 et le conducteur autoclaves P57
- 4 membres du CHSCT.

Le cahier des charges de ce groupe de travail, défini dès le 11/03/04, comprend l'analyse complète des opérations de polymérisation, depuis le démarrage de l'autoclave jusqu'au transfert dans les réservoirs slurry finaux (obtention du PVC à sécher, après épuration du VC gazeux excédentaire), opérations d'exploitation et d'entretien comprises :

- pour définir les barrières concernant les possibilités de mise à l'atmosphère de VC,
- pour vérifier la bonne adéquation des procédures et des manœuvres avec l'organisation du travail.

Au final, le groupe de travail a fait 15 réunions de 2h30 chacune, étalées sur 8 mois avec :

- des comptes rendus tous disponibles,
- présentations régulières du travail au chef de service et aux membres de l'encadrement de jour du P69,
- présentations d'avancement du groupe de travail en réunion trimestrielle du CHSCT du secteur,
- présentation régulières du travail en cours au personnel des 5 postes,
- validation des solutions techniques envisagées par le chef du service Sécurité Technique et intervention (STI).

➤ Ceci pour bien montrer l'implication à tous les niveaux.

Le chef du service STI a précisé que l'objectif de toutes les barrières techniques mises ou à mettre en place est de créer de nouvelles alarmes d'aide à la conduite des installations. Celles-ci devront permettre une meilleure assistance pour les opérateurs et leur enlever toute appréhension devant l'erreur possible.

Par ailleurs, le chef du service PVC, responsable du chantier P69 décide de ne lancer désormais aucun cycle dans les 15 minutes précédant un changement d'équipe (ce qui n'était pas le cas avant l'incident).

Au final, le fonctionnement du groupe de travail a été jugé satisfaisant avec :

- une animation par le chef de production,
- une présence constructive des membres du CHSCT,
- l'utilisation d'une méthode d'analyse fine et exhaustive (AMDEC),
- des discussions avec le personnel du secteur et des comptes-rendus réguliers à ce même personnel,
- la mise en place des solutions sur un autoclave qui a servi de prototype, avant généralisation,
- des révisions des procédures et une réécriture des modes opératoires, dont la clarification de la phase de changement d'équipe (2 personnes désignées dans chaque équipe pour faire le lien, consigne écrite, fiche de suivi, plus de batch démarré moins de 15 minutes avant le changement).

Intérêt et conditions de réussite d'une telle démarche (groupe de travail + AMDEC) :

- démarche participative, avec écoute du personnel ⇒ adhésion du personnel, notamment sur le respect des nouvelles procédures et des nouveaux modes opératoires,
- analyse fine et exhaustive des tâches et risques (méthode AMDEC),
- solutions conçues en interne :
 - avec désormais le sentiment de sécurité du personnel, les barrières mises en place lui évitant désormais la possibilité de se tromper et les procédures ayant été remises à plat. Le personnel est désormais rassuré.
 - impact psychologique important sur le personnel dont on peut attendre une diminution du stress et du sentiment d'insécurité vécu par les salariés de l'atelier P69.

Au cours des discussions avec les représentants du personnel sur l'intérêt de ce groupe de travail, il est apparu que les conditions de sa réussite ont fortement reposé sur une conjoncture particulière. En effet, le groupe de travail a été créé à la suite d'un incident et ses travaux ont été suivis de très près par les membres du CHSCT, la DRIRE et l'inspection du travail.

Ce contexte a permis à l'exploitant de prendre conscience des risques présentés par ces opérations manuelles et à mettre en place rapidement des solutions techniques et organisationnelles.

Enfin, la collaboration DRIRE/inspection du travail a, semble t'il, permis au membre du CHSCT et au delà sur l'ensemble des salariés de l'atelier P69, de connaître davantage les missions des inspecteurs de la DRIRE uniquement présentée alors comme autorité de sanction.

ENSEIGNEMENTS TIRÉS :

Concernant le facteur humain :

- Un mode opératoire et plus généralement les barrières organisationnelles ne prémunissent pas de tout risque d'erreur humaine et ne peuvent pas constituer à elles seules des barrières de sécurité fiables au regard d'enjeux conséquents pour l'homme et l'environnement,
- L'habilitation du personnel n'est pas une fin en soit et constitue donc une barrière de sécurité avec un niveau faible de fiabilité (l'opérateur était aussi formateur),
- Les résultats obtenus par le groupe de travail montrent que l'analyse des risques d'une installation a tout avantage à inclure du personnel de terrain dès lors que l'installation est peu automatisée et comprend des opérations manuelles pouvant être à l'origine d'accidents notables. L'implication du personnel de terrain a montré toute l'efficacité et sa complémentarité dans l'analyse des risques pour l'événement « perte de confinement de CVM ». Les travaux seront intégrés dans l'étude de dangers dont la mise à jour est prévue fin 2005.
- L'implication du personnel de terrain dans ce projet a permis à l'exploitant de mettre à profit des compétences méconnues parmi son personnel et, par conséquent, de les valoriser. C'est d'ailleurs une personne de l'entreprise et n'appartenant pas à un service technique qui mettra en œuvre le déploiement des modifications sur l'ensemble des autoclaves. Enfin, l'exploitant va promouvoir cet exemple au service de la démarche innovation de l'entreprise.

Concernant l'installation :

- Quand bien même le niveau d'automatisation d'une installation est faible et présente des opérations manuelles à risque, cette expérience montre la possibilité de sécuriser une installation par des mesures techniques simples et efficaces (mesures physiques ou à sécurité positive sans automatisation systématique). Ce projet qui repose essentiellement sur la mise en place de barrières techniques en lieu et place de barrières organisationnelles, montre qu'il est possible d'automatiser la gestion de la sécurité sans automatiser le fonctionnement de l'installation.

Devant les résultats satisfaisants obtenus, une présentation à l'ensemble des chefs de service de la plate-forme de la démarche (avantages et inconvénients) et des solutions mises en œuvre sera faite par le chef de service PVC (prévu fin juin 2005), l'exploitant s'étant fixé pour objectif de déployer cette méthode sur les installations où la mise en place de cette démarche de sécurisation est pertinente.