

Explosion pneumatique lors d'une intervention sur une conduite dans une usine pyrotechnique

30 juillet 2014

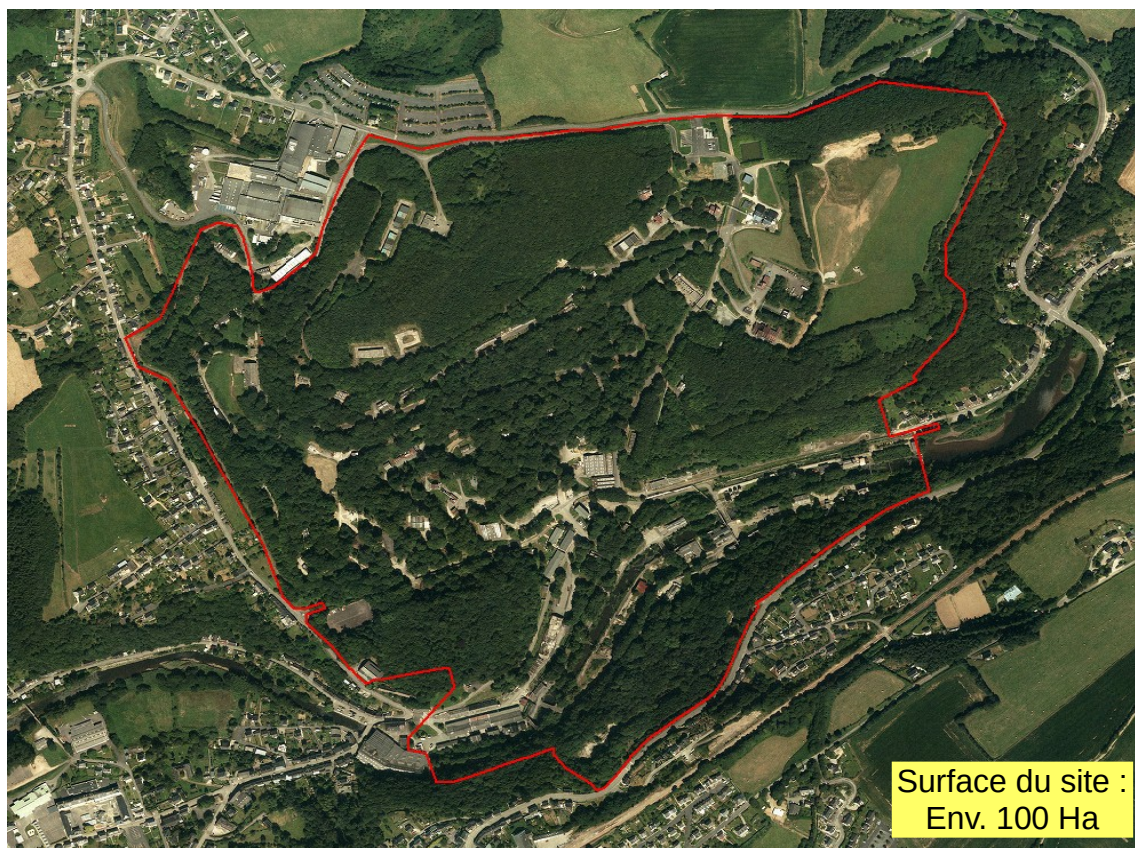
Pont de Buis (Finistère)

FRANCE

Pyrotechnie
Explosion
pneumatique
Procédures

LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

[Le site :](#)



L'établissement produit :

- principalement des poudres pour la chasse et le tir sportif,
- mais aussi des produits pour le maintien de l'ordre (grenades lacrymogènes, grenades fumigènes, cartouches propulsives...), des matériaux plastiques et composites.

L'activité comprend le stockage et l'expédition de produits finis ainsi que la destruction des déchets pyrotechniques.

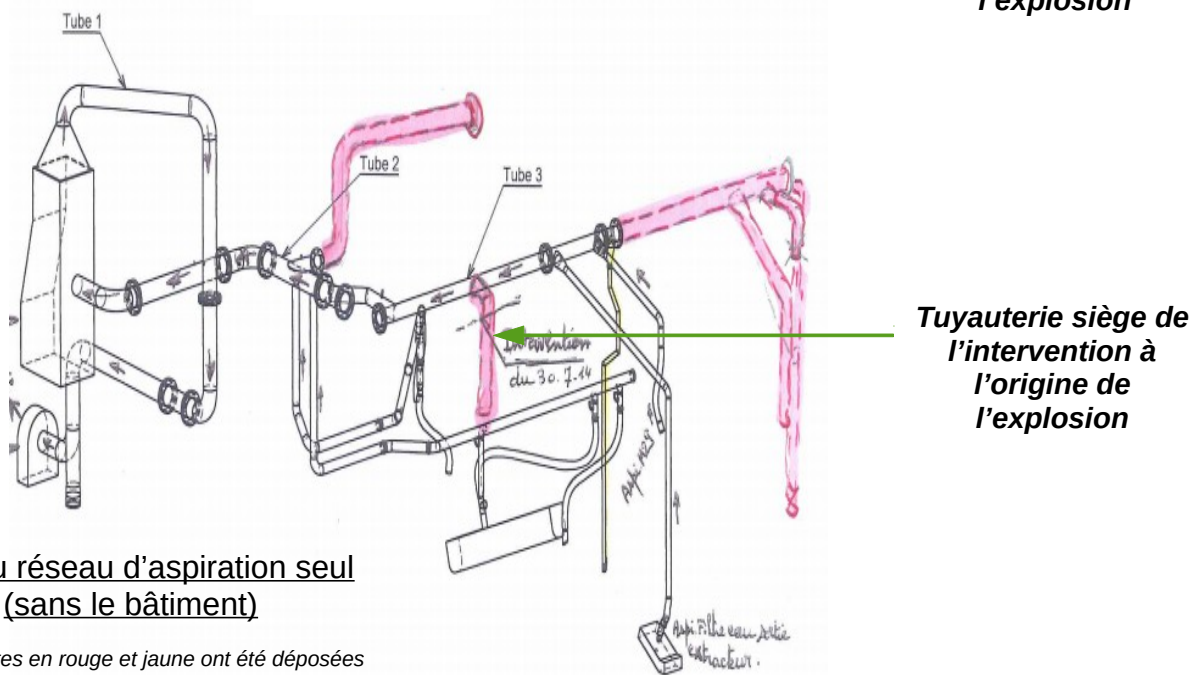
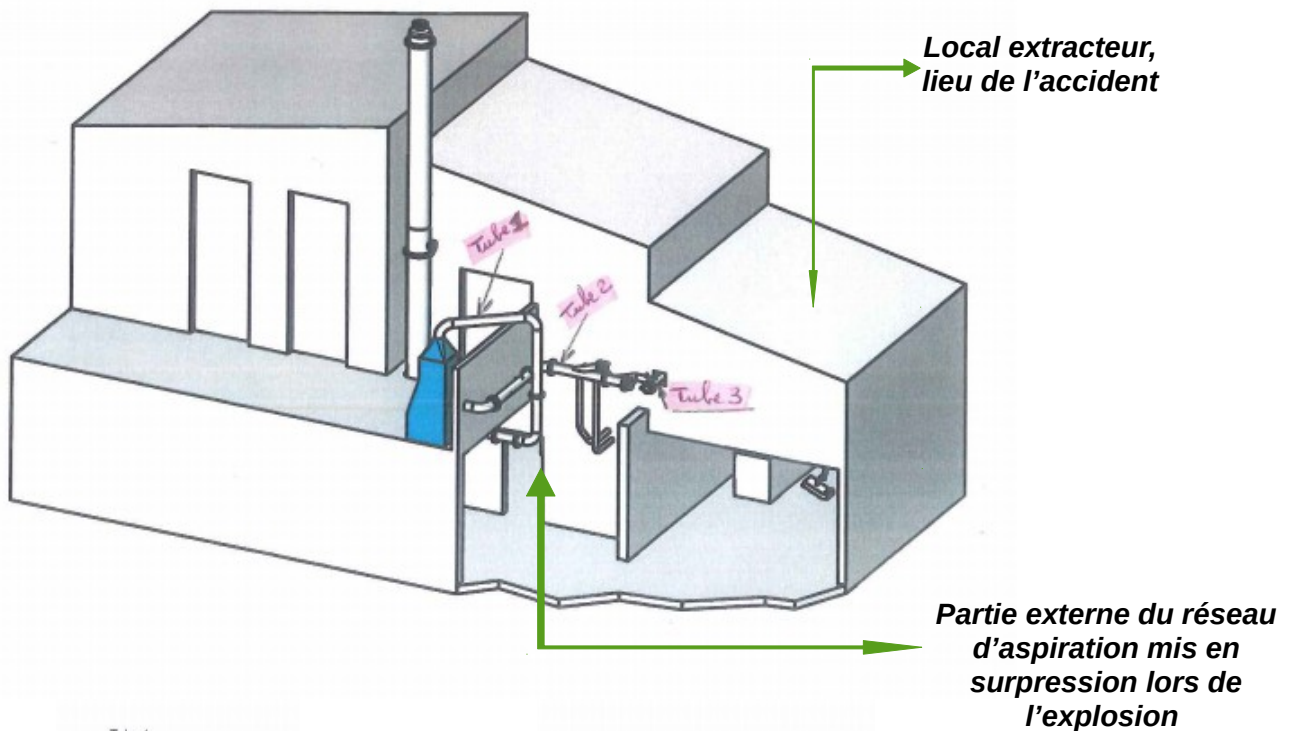
L'établissement relève du régime d'autorisation avec servitudes (AS) au titre du livre V du Code de l'Environnement et est visé par la catégorie "seuil haut" de la directive Seveso II.

L'unité impliquée :

L'installation concernée est une unité de production de poudre. Une extrudeuse baxis, équipée d'une double vis sans fin, permet d'effectuer en continu et en une seule opération :

- le mélange et le malaxage des matières premières,
- l'extrusion au travers d'une filière,
- le découpage pour obtention de poudre.

L'accident s'est produit au sein du local « extracteur » situé au rez-de-chaussée de l'atelier de production. Ce local est équipé d'installations permettant l'extraction des solvants contenus au sein des poudres fabriquées par l'extrudeuse baxis située à l'étage supérieur. Cette extraction se fait par lavage à l'eau chaude circulant à contre-courant dans une vis sans fin. Les eaux ainsi récupérées chargées en solvants sont ensuite orientées vers une unité de distillation pour régénération des solvants. En parallèle, l'air chargé en composés organiques volatiles (COV) est récupéré par un réseau d'aspiration afin d'être également traité par distillation avant rejet. Ce réseau d'aspiration est à l'origine de l'accident.



Vue du réseau d'aspiration seul (sans le bâtiment)

Les conduites en rouge et jaune ont été déposées suite à l'accident

L'ACCIDENT, SON DÉROULEMENT, SES EFFETS ET SES CONSÉQUENCES

L'accident :

L'accident a eu lieu pendant l'arrêt technique annuel d'une durée de trois semaines. Cet arrêt est dédié à la réalisation de diverses opérations de maintenance et d'entretien.

L'accident est survenu dans le cadre d'une intervention visant à modifier l'installation de coloration des poudres : une cuve de colorant a été remplacée puis déposée.

La mise hors service de l'ancienne cuve de colorant a rendu inutile la branche du réseau d'extraction de l'air située à son aplomb. Afin de la supprimer, un opérateur affecté à l'atelier de fabrication de poudre entreprend la découpe manuelle à l'aide d'une scie à métaux de cette portion de conduite (tube vertical inox de 80 mm de diamètre). Pendant cette opération, un deuxième opérateur assure un noyage par l'extérieur de la lame de la scie et de la conduite. Tous deux sont positionnés à environ 2 mètres de hauteur sur des échelles placées de part et d'autre de la conduite à scier.

Vers 16 h, **l'éclatement pneumatique de la conduite en cours de sciage se produit.**

L'explosion n'est pas suivie d'un incendie et n'entraîne pas d'explosion secondaire. Le bâtiment est refroidi à l'aide des moyens en eau de l'entreprise.



Emplacement de la conduite d'aspiration devenue inutile, à l'origine de l'accident

Emplacement de l'ancien bac de colorant (sous la conduite à l'origine de l'explosion)

Les conséquences :

Conséquences matérielles :

La forte surpression associée à l'explosion a entraîné la formation de nombreux débris métalliques projetés dans le local ainsi que la rupture de plusieurs parties fragiles du réseau d'aspiration. Ainsi, des clinquants métalliques montés sur bride se sont ouverts.

Les conséquences matérielles sont limitées aux équipements à l'origine de l'événement et à ceux situés à proximité immédiate.



*Reste de la tuyauterie
arrachée par l'explosion*

*Emplacement
du « bras mort » arraché*

*Dégâts provoqués par
l'explosion sur le
calorifugeage d'une
tuyauterie voisine*

La portion de conduite affectée par l'explosion est un « bras mort » d'un réseau plus important qui collecte l'air chargé en COV en différents points de l'atelier.



Obturateurs et/ou clinquants présents sur le réseau d'aspiration, ouverts suite à la surpression générée par l'explosion.

Conséquences humaines :

Les trois opérateurs présents dans le local au moment de l'événement (deux salariés, un intérimaire) sont **gravement blessés** et transférés à l'hôpital. Les deux personnes qui travaillaient sur les échelles ont été brûlées au visage par le flash et l'éclatement pneumatique de la conduite. La troisième personne, qui était au sol, a été atteinte au bras par la projection d'éclats métalliques et a dû être amputée.

Échelle européenne 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' et compte-tenu des informations disponibles, l'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants:

Matières dangereuses relâchées		☒	☐	☐	☐	☐	☐
Conséquences humaines et sociales		☒	☒	☐	☐	☐	☐
Conséquences environnementales		☐	☐	☐	☐	☐	☐
Conséquences économiques		☐	☐	☐	☐	☐	☐

L'indice  correspond aux matières dangereuses relâchées. Le niveau 1 est atteint car l'accident a impliqué des substances pyrotechniques (quantité de substance explosive participant à l'explosion < 0,1 tonne en équivalent TNT).

L'indice  correspond aux conséquences humaines et sociales. Le niveau 2 est atteint car l'accident a entraîné 3 blessés graves (niveau 2 : présence de 2 à 5 blessés graves).

Des précisions sur les paramètres de ces indices et leur mode de cotation sont disponibles à l'adresse: <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>

L'ORIGINE, LES CAUSES ET LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

Une cause première de nature technique

Des résidus de poussier pyrotechnique (substance jaunâtre à texture poudreuse) sont présents sur les fragments métalliques de la conduite arrachée qui ont été retrouvés (au sol de l'atelier et à l'extérieur du bâtiment, dans l'axe du clinquant qui s'est ouvert). Ces constats indiquent que **la conduite n'avait pas été correctement lavée** lors des opérations préalables de rinçage.



Fragments métalliques de la tuyauterie arrachée par l'explosion, retrouvés au sol. Celui de gauche laisse apparaître des résidus de poussier pyrotechnique (jaunâtre) tapissant la paroi interne de la conduite.



La prise en feu a vraisemblablement été causée par l'initiation de ces résidus de poudre et/ou de poussier pyrotechnique accumulés à l'intérieur de la conduite. Celle-ci est liée à l'**échauffement provoqué par la friction de la lame de la scie à métaux sur la tuyauterie d'aspiration en inox (point chaud)**.

Des causes profondes de nature humaine et organisationnelle

Une opération réalisée en transgression des procédures en vigueur

Selon l'exploitant, l'opération de découpe de la conduite d'extraction n'avait pas été programmée pendant la période de fermeture de l'usine. Elle aurait été décidée, sur le moment, par les opérateurs de l'atelier fabrication, responsables de l'opération de modification de l'installation de coloration. Aucun permis de feu n'a été établi.

Or, les procédures visant à encadrer les travaux susceptibles d'occasionner des dangers prévoient que :

- dans le cas des interventions sur corps creux contaminés :
« *Lors de la découpe d'un corps creux ayant contenu des produits pyrotechniques (poudre, poussier, nitrocellulose...) ou des solvants, ou en cas de suspicion de leur présence, l'utilisation d'un coupe-tube ou d'outils pouvant générer un point chaud, doit systématiquement être encadrée par un permis de feu.* »,
- le permis de feu est signé par le donneur d'ordre, l'intervenant et au moins un représentant de l'encadrement.

Dans le cas de la découpe de la portion de conduite rendue inutile, **plusieurs transgressions ont donc été commises, puisque cette opération a été entreprise :**

- **alors qu'elle n'avait pas été programmée,**
- **en l'absence de permis d'intervention et de permis de feu,**
- **sans validation préalable des conditions d'intervention par une personne de l'encadrement.**

Le défaut de permis de feu est à la base de l'accident car il a conduit à l'absence :

- de validation des conditions opératoires,
- de mise en place des mesures compensatoires pour pallier la présence potentielle de résidus pyrotechniques dans la conduite.

On notera que l'usage de la scie à métaux n'était pas formellement interdit. La procédure dédiée précise seulement que « *Le démontage mécanique devra être systématiquement privilégié avant d'envisager des opérations de découpage.* » L'objectif du permis de feu intégrant des mesures de sécurité et prescriptions particulières est justement d'encadrer les situations où l'usage d'un outil créateur de point chaud, comme la scie à métaux, ne peut être évité. C'était le cas ici du fait de la configuration de la conduite verticale, accolée au mur : il était techniquement impossible d'avoir recours au coupe-tube, qui fonctionne en le faisant tourner autour de l'élément à découper.

La cause profonde identifiable au premier abord : le facteur humain

Selon l'exploitant, les opérateurs de l'atelier fabrication qui ont pris l'initiative du retrait du bras mort du réseau d'aspiration étaient confirmés et connaissaient bien le bâtiment. L'expérience de ces personnes a probablement entraîné un **sentiment de confiance excessive** dans leur maîtrise de la situation, les poussant à déroger aux règles en vue de parfaire l'intervention.

Mais au-delà de ces facteurs personnels, les non-respects de procédures trouvent leur source dans des défaillances au niveau de l'organisation.

Une présence de l'encadrement insuffisante en période de travaux

Le jour de l'accident, le directeur du site, son adjoint, le responsable du service sécurité et la directrice industrielle étaient en congés. Seul le cadre de permanence était présent sur site, pendant une période d'arrêt technique au cours de laquelle un certain nombre d'interventions inhabituelles ont pourtant lieu. Cette **configuration d'encadrement insuffisante** a pu pousser les opérateurs à agir seuls, en l'absence de possibilité d'une validation hiérarchique aisée et rapide.

Des imprécisions au niveau des consignes et procédures

La présence de poussier dans la conduite concernée pose la question des modalités de la décontamination pyrotechnique. En effet, la **procédure prévoyant le nettoyage** (SE09 « Procédure d'intervention sur les matériels contaminés ») **reste très qualitative**. Elle prévoit simplement que « *Le matériel contaminé doit être décontaminé au maximum* ». Le mode opératoire aurait certainement mérité d'être précisé pour guider les opérateurs dans leurs tâches.

L'article 8 de l'arrêté préfectoral du 25 juillet 2003 relatif aux permis de feu ne définit pas non plus de critères de qualité du nettoyage. Il prescrit : « *Lorsque les travaux ont lieu dans une zone présentant des risques importants, ils ne sont réalisés qu'après arrêt complet et vidange des installations de la zone concernée, nettoyage et dégazage des appareils à réparer, vérification préalable de la non-explosivité de l'atmosphère.* ».

Au-delà des modalités de nettoyage en lui-même, survient la question des moyens de vérification de l'efficacité de ce nettoyage. **Aucune procédure formalisée n'impose la vérification, préalablement à toute intervention, de l'état de propreté des conduites** ayant contenu des produits pyrotechniques. Cette absence suggère une prise en compte insuffisante des risques associés à une telle configuration de la part de l'entreprise.

Cette prise en compte insuffisante des risques se traduit par des lacunes au niveau d'autres procédures. C'est le cas en ce qui concerne l'arrosage mis en œuvre pendant l'opération de découpe. Il n'existe **aucune consigne sur les méthodes de noyage à déployer et sur les équipements à utiliser**. Cette opération constitue pourtant une mesure compensatoire indispensable dès lors qu'une intervention de découpe doit être réalisée avec un outil potentiellement générateur de point chaud et en l'absence de garantie sur la propreté de la conduite concernée.

Dans le cas présent, les opérateurs, ayant probablement conscience du fait que le nettoyage pouvait être imparfait, ont mis en place un noyage. Mais ils n'étaient vraisemblablement pas formés à cette manœuvre, qui n'était aucunement formalisée. Ils ont réalisé cet arrosage par l'extérieur ainsi que par l'intérieur (par le haut de la portion de conduite à supprimer), munis d'un simple tuyau d'arrosage. Cela n'a pas suffi à humidifier et décoller les résidus de poudre qui avaient séché à l'intérieur de conduite (les installations étant à l'arrêt depuis six jours et la température ambiante étant d'environ 23°C).

Un processus de formation à l'efficacité insuffisante

Un dispositif de formation doit normalement permettre la transmission des connaissances clés pour la réalisation des différentes tâches assignées aux opérateurs dans des conditions optimales de sécurité. La formalisation des consignes est fondamentale pour veiller à leur appropriation par l'ensemble des employés. Or, les consignes de sécurité associées à une « découpe de corps creux » ne sont définies que dans le permis de feu spécifique à chaque opération de ce type. De ce fait, ces instructions ne sont pas intégrées dans les procédures chapeaux. Ceci nuit à leur prise en compte dans le processus de formation des employés. La prise d'initiative par les opérateurs est ainsi le témoin d'un défaut au niveau du système de formation de l'entreprise. Il est recommandé d'insérer des principes généraux de sécurité sur les opérations de découpe de corps creux dans le système de gestion de la sécurité de l'établissement.

Des choix discutables au niveau de certains équipements

Les choix de certains équipements ne sont pas révélés pertinents. Ainsi, les conduites du réseau d'aspiration étaient difficilement visitables et accessibles. Ce **problème d'ergonomie** des installations a certainement représenté un frein à un nettoyage qualitatif des conduites. Les mesures correctives proposées par l'exploitant (détaillées dans la section « Les suites données » de ce document) montrent qu'il est conscient du fait que des marges de manœuvre existent à ce niveau. Par exemple, il aurait été possible d'utiliser des raccords par bride plutôt que des raccords soudés.

Les systèmes d'arrosage utilisés pendant la découpe de la conduite révèlent également que les moyens techniques visant à garantir la sécurité des interventions en zone pyrotechnique n'étaient pas prévus. L'absence de matériel adapté a conduit les opérateurs à utiliser un simple tuyau d'arrosage avec une pression vraisemblablement insuffisante pour atteindre toutes les zones de la paroi interne de la conduite. Un dispositif avec un débit et une pression plus importants aurait certainement été plus efficace.

Une prise en compte insuffisante du retour d'expérience

En décembre 2004, un accident (ARIA 28707) ayant pour origine une opération similaire de découpe de tuyauterie avait eu lieu sur le site. C'est cet événement qui avait amené l'exploitant à revoir la forme de son permis d'intervention en y ajoutant une rubrique « découpe de corps creux ». Il avait aussi conduit à prévoir systématiquement un permis de feu pour toute intervention avec suspicion de point chaud ou d'échauffement en milieu contaminé. La mise en place de ces **mesures correctives** n'a pas suffi à éviter la survenue d'un nouvel événement car **l'exploitant n'a pas réussi à les faire appliquer dans la durée**.

En résumé, une culture de la sécurité insuffisante

Globalement, les procédures inadaptées ou incomplètes, la formation imparfaite des opérateurs ou encore les lacunes au niveau de l'encadrement en période d'arrêt sont les témoins d'une culture de la sécurité insuffisante au niveau de l'entreprise. **L'exploitant n'a pas déployé l'ensemble des moyens suffisants au respect des procédures par ses opérateurs et au bon déroulement des opérations de maintenance sur son site.**

Comme l'a constaté l'inspection des installations classées, il n'a pas respecté les prescriptions de l'article 7 de l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatives au système de gestion de la sécurité (SGS) applicable aux installations susceptibles de générer des accidents majeurs au sein d'un établissement relevant du régime SEVESO. Cet article prévoit en effet que :

« [...] L'exploitant met en œuvre les procédures et actions prévues par le système de gestion de la sécurité. [...] L'exploitant affecte des moyens appropriés au système de gestion de la sécurité. Il veille à son bon fonctionnement. [...] ».

LES SUITES DONNÉES

Suite à l'accident, les travaux et les interventions des entreprises extérieures ont été suspendus et des opérations de nettoyage et décontamination des locaux ont été menées. L'activité du site a redémarré le 20 août 2014, soit trois semaines après l'accident.

L'inspection des installations classées a relevé les infractions et non-conformités réglementaires à l'origine de l'accident. Un arrêté de mise en demeure a été pris à l'encontre de l'exploitant et un procès-verbal a été dressé.

Plusieurs mesures correctives ont été prises par l'exploitant, de sa propre initiative ou sur injonction de l'inspection des installations classées.

Mesures organisationnelles :

- *En ce qui concerne les manquements en termes d'organisation du travail et d'encadrement :*

L'inspection des installations classées a demandé à l'exploitant que soient renforcées les dispositions relatives à la continuité du niveau d'encadrement et de direction pendant les périodes de congés et/ou d'arrêt technique. En réponse, l'exploitant s'est engagé à compléter l'organisation existante, notamment par la mise en place d'une **rencontre quotidienne de l'ensemble des intervenants avec l'encadrement au sujet des tâches programmées**. Il prévoit par ailleurs dorénavant la présence minimum de deux cadres au lieu d'un seul pendant les phases d'arrêt technique.

- *En ce qui concerne le non-respect de procédures par les opérateurs :*

Les formations dispensées au personnel incluront désormais un **module relatif au comportement humain** et aux moyens d'éviter les « erreurs ». Suite à l'accident et avant le redémarrage des installations, une information de l'ensemble du personnel a eu lieu sur l'importance du respect des procédures.

- *En ce qui concerne l'insuffisance du nettoyage des installations :*

L'exploitant a complété et renforcé sa procédure dédiée. **L'instruction de nettoyage comprend désormais une check-list** détaillant, par atelier, l'ensemble des opérations de lavage préalables à mener en fonction de la situation (changement d'indice, nettoyage hebdomadaire, fermeture de l'installation). Une fiche trace la bonne réalisation de ces opérations et fait l'objet d'une validation finale par un cadre. Ces dispositions préalables permettent à l'encadrement en charge de la validation d'autoriser, ou non, une intervention ultérieure. Cette instruction modifiée, avec double validation par l'opérateur et par l'encadrement avant intervention, a été testée pendant la fermeture de l'hiver 2014.

- *En ce qui concerne l'insuffisance des dispositifs d'arrosage :*

L'exploitant prévoit qu'un « **garde de feu** » **pourra être désigné pour assurer l'arrosage** de la zone concernée pendant une intervention. Le camion de pompiers dont dispose l'exploitant pourra être présent sur zone avec ses équipements. Une lance à débit variable pourra notamment être utilisée pour sécuriser l'intervention si nécessaire.

Mesures techniques :

- Les conduites détériorées par l'explosion ont été réparées. Des **disques de rupture sur brides à charnières** ont été installés. Ils peuvent être ouverts manuellement afin d'observer l'intérieur des tuyauteries et de vérifier le degré d'efficacité du nettoyage.
- Plus globalement, pour limiter les risques de présence de résidus pyrotechniques dans les corps creux, l'exploitant privilégiera désormais le **remplacement des anciennes conduites mono-pièce par des tuyaux inox fractionnés** faciles à entretenir et visiter.
- L'exploitant mettra en place des **matériels d'investigation** pour améliorer l'identification des matières pyrotechniques dans les corps creux. Une caméra sera achetée pour permettre la visualisation de l'intérieur d'une conduite. Il pourra également être fait usage de produits de détection de nitrocellulose.

A la demande de l'inspection, les différentes **mesures prises au regard du retour d'expérience de l'événement du 30 juillet 2014 seront formalisées dans des procédures intégrées au système de gestion de la sécurité de l'usine**. Elles feront l'objet d'une information du personnel concerné.

Par ailleurs, **l'analyse des risques associée à l'étude de dangers de l'établissement sera complétée** par une prise en compte des phénomènes dangereux résultant de la présence potentielle de résidus pyrotechniques dans les corps creux.

LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

Toute intervention sur une installation ayant, dans le cours de sa vie, été en contact direct avec de la matière active pyrotechnique doit être strictement encadrée et faire l'objet de précautions particulières avant, pendant et après une intervention.

Avant l'intervention :

- validation par l'encadrement du planning des opérations et de leurs conditions de réalisation,
- vidange et décontamination pyrotechnique de l'équipement sur lequel porte l'intervention,
- contrôle visuel de l'efficacité du nettoyage et de la décontamination à l'aide d'outils adaptés (endoscopes, caméras...),
- vérification des conditions organisationnelles et techniques de l'intervention par un cadre de sécurité,
- vérification de la bonne application des procédures dédiées,
- vérification que tous les documents obligatoires encadrant et autorisant l'intervention ont bien été renseignés et signés par l'autorité compétente.

Pendant l'intervention :

- vérification de l'efficacité de l'arrosage sur toute la zone concernée par l'intervention,
- utilisation de matériel adapté, si possible ne nécessitant pas une trop grande proximité avec l'installation,
- port des protections adéquates,
- disposition du chantier afin que la configuration de l'intervention soit adaptée (pas de travail sur échelle, position optimisée etc.).

Après l'intervention :

- vérification de la bonne remise en état de l'installation,
- réalisation d'une visite de réception/fin d'intervention en présence d'un cadre compétent,
- diffusion des enseignements éventuels liés au retour d'expérience de l'intervention (difficultés rencontrées, conseils techniques, imprévus etc.).

Au fil de l'activité

Plus globalement, dans les installations pyrotechniques, les efforts doivent notamment porter sur :

- Une bonne concertation entre l'encadrement et les opérateurs reposant sur des échanges réguliers. Au cours de ces échanges, les risques et les procédures applicables doivent être rappelés. Les difficultés de mises en application des procédures doivent être discutées.
- Une présence suffisante de l'encadrement, notamment en période de travaux, pour pouvoir gérer au mieux toute situation inhabituelle.
- Une analyse en profondeur des enseignements du retour d'expérience et une redescende des informations en découlant vers les opérateurs susceptibles d'être concernés.
- La réalisation d'actions au quotidien pour créer et entretenir un climat de vigilance dans l'usine.
- Une conception des installations facilitant leur surveillance et les opérations de maintenance courante.
- Des formations régulières sur l'ensemble des risques associés à la pyrotechnie, y compris ceux, souvent plus insidieux, inhérents aux comportements humains. Le contenu de ces formations doit par ailleurs mettre l'accent sur les procédures chapeaux incontournables en matière de sécurité.

Source des photos de cette fiche : DREAL Bretagne

