

# Explosion d'un nuage de vapeur dans la cuve à déchets d'une usine pharmaceutique 10 juin 2010 Brindisi (Pouilles) Italie

ATEX  
Modifications  
Points chauds  
Fermentation  
Analyse des risques

## LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

### Le site :

L'usine, d'une superficie d'environ 150 000 m<sup>2</sup>, se trouve dans le sud de l'Italie, dans une zone industrielle située dans un port naturel de la côte adriatique (Figure 1).

Elle est en exploitation depuis 1966 et produit des intermédiaires pharmaceutiques et des principes actifs pour antibiotiques par des procédés chimiques et biologiques. Elle relève de la Directive Seveso II (seuil bas).

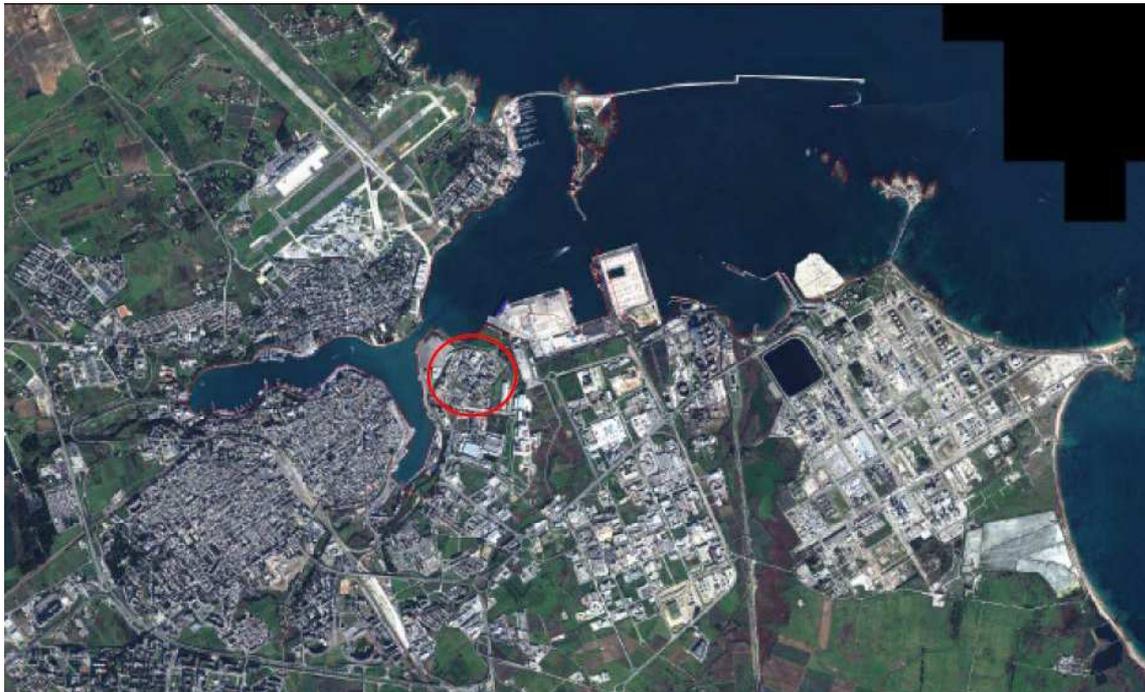


Fig. 1 : Vue aérienne de l'installation (source : Google Maps)

### L'unité impliquée :

L'unité de traitement de déchets (Figure 2) entre dans le procédé de production d'antibiotiques de principe O, comportant les phases suivantes :

- production de principe actif B par inoculation de microorganismes spécifiques dans le bouillon de fermentation ;

- oxydation du principe B en principe O (produit final) par réaction avec du persulfate de sodium ;
- désorption du principe O par solvant : le bouillon oxydé est mélangé à du chloroforme et du laurysulfate de sodium afin de séparer le produit (couche supérieure) de la phase aqueuse (couche inférieure). Cette dernière, qui est le résidu de la désorption, est appelée « BES ». Le produit désorbé est dirigé vers les étapes suivantes du procédé, alors que la BES est envoyée dans l'unité de récupération de solvants pour désorption, de manière à éliminer le chloroforme et les résidus de solvant, puis à la cuve de l'unité de traitement de déchets ;
- concentration et cristallisation du principe O en milieu alcoolique ;
- centrifugation du principe O ;
- séchage et conditionnement du principe O sous forme de produits en poudre.

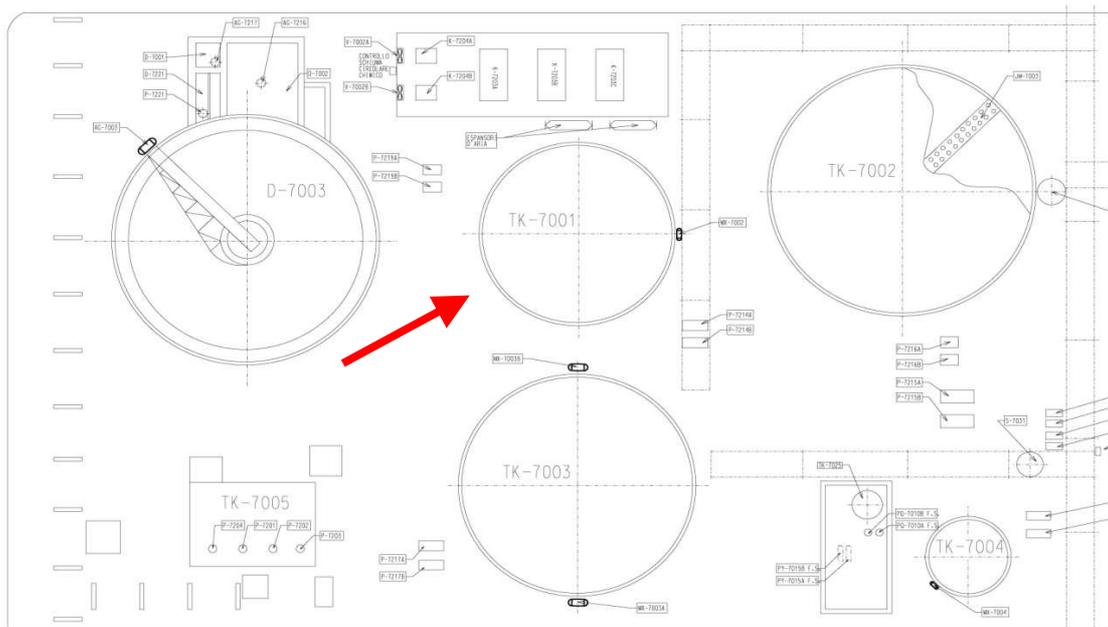


Fig. 2 : Plan de l'unité de traitement de déchets (source : exploitant)

**L'équipement à l'origine de l'accident :**

L'accident survient dans une cuve atmosphérique cylindrique à toit fixe (le « TKX »), d'une capacité de 320 m<sup>3</sup>, d'un diamètre de 7,62 m et d'une hauteur de 7,9 m. La cuve est équipée d'un mélangeur latéral hélicoïdal, en position radiale, et d'un évent de 20 cm de diamètre installé au centre du toit de la cuve.

Le TKX, situé dans l'unité de traitement de déchets du procédé de production de principe O, sert à homogénéiser la BES à des fins de stockage. La BES, qui a une teneur organique élevée et une demande chimique en oxygène (DCO) de 80 g/l, est envoyée au TKX depuis l'unité de désorption à un débit d'environ 2 à 3 m<sup>3</sup>/h. Par conception, le remplissage du TKX est limité à 50 % de sa capacité maximale. Pendant son séjour de 2 à 3 jours dans le TKX, la BES est agitée par le mélangeur latéral hélicoïdal interne et mélangée avec une solution de soude caustique à 30 % afin de maintenir un pH fixe (voisin de 8 à 8,5).

Après l'homogénéisation et l'égalisation dans le TKX, la BES est transférée vers un bioréacteur (le « TKY ») pour y subir un traitement de stabilisation, à savoir un prétraitement biologique destiné à réduire la DCO de près de 70 % avant envoi de la BES dans un bassin de décantation.

Dans sa conception originale, le TKX est équipé d'un système interne pour injecter et diffuser de l'air et d'un système externe pour l'extraire. Ces dispositifs, qui ne fonctionnaient pas au moment de l'accident, auraient théoriquement dû être en service pendant l'exploitation normale du TKX (Figure 3) décrite ci-dessous :

1. introduction d'air dans la masse liquide interne (BES) via le système d'aérateur à grosses bulles au fond de la cuve ;
2. extraction de l'air et du gaz formé via un système d'aspiration situé sur le toit et relié à l'évent.

En mars 2000, pendant la modernisation du TKX, le système d'air avait été jugé « redondant » vis-à-vis du mélangeur latéral hélicoïdal interne, et considéré à l'origine de la formation de mauvaises odeurs et de mousse. Il avait alors été mis à l'arrêt.

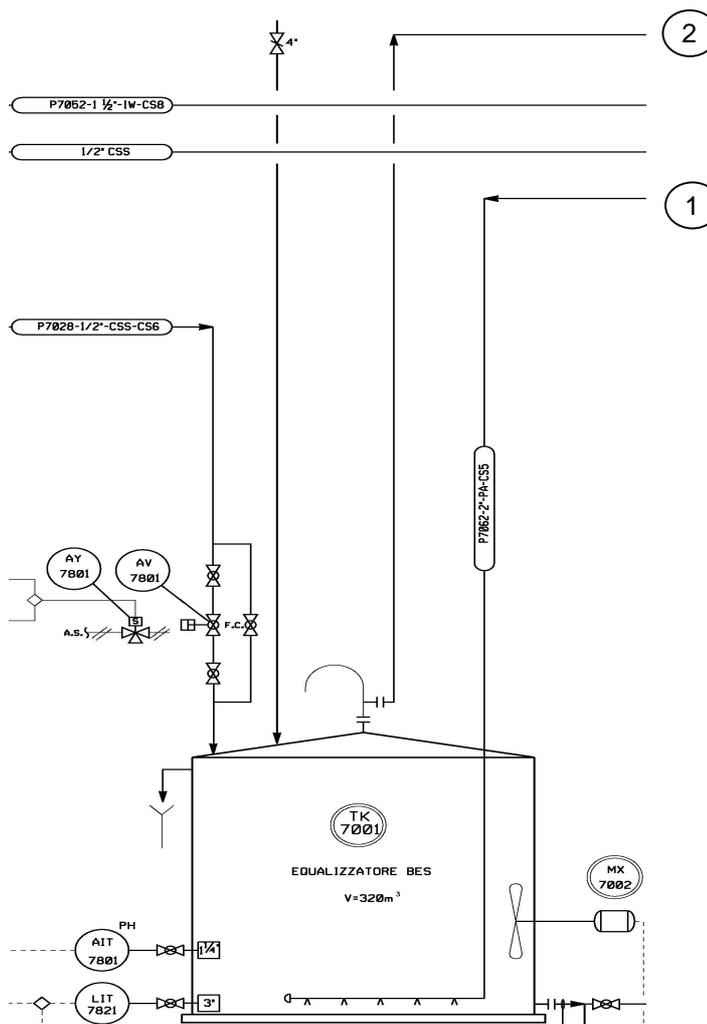


Fig. 3 : Principe d'exploitation normale du TKX (source : exploitant)

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

### L'accident :

Le 10 juin 2010, des travaux par point chaud sont réalisés sur le TKX contenant la BES. Ils visent à ajouter une seconde conduite de remplissage provenant de l'unité de fermentation (Figure 4) et permettant l'acheminement dans le TKX des déchets produits par une nouvelle unité de production d'antibiotiques. La conduite de remplissage existante est démontée et déconnectée de la cuve, sans qu'aucune ne soit obturée (par bride pleine). La cuve est alors à moitié remplie de BES.

Les travaux de maintenance sont exécutés par un employé de l'exploitant et quatre sous-traitants. L'un des sous-traitants commence à découper la conduite avec une scie à disque électrique. Les étincelles amorcent l'explosion (VCE) d'une atmosphère explosive à l'intérieur de la cuve, probablement due à une réaction de fermentation encore en cours dans la BES. Le toit et des débris sont projetés

Le plan d'urgence de l'usine est immédiatement activé. Quatre travailleurs blessés sont emmenés à l'hôpital le plus proche, un cinquième est trouvé mort par les pompiers.

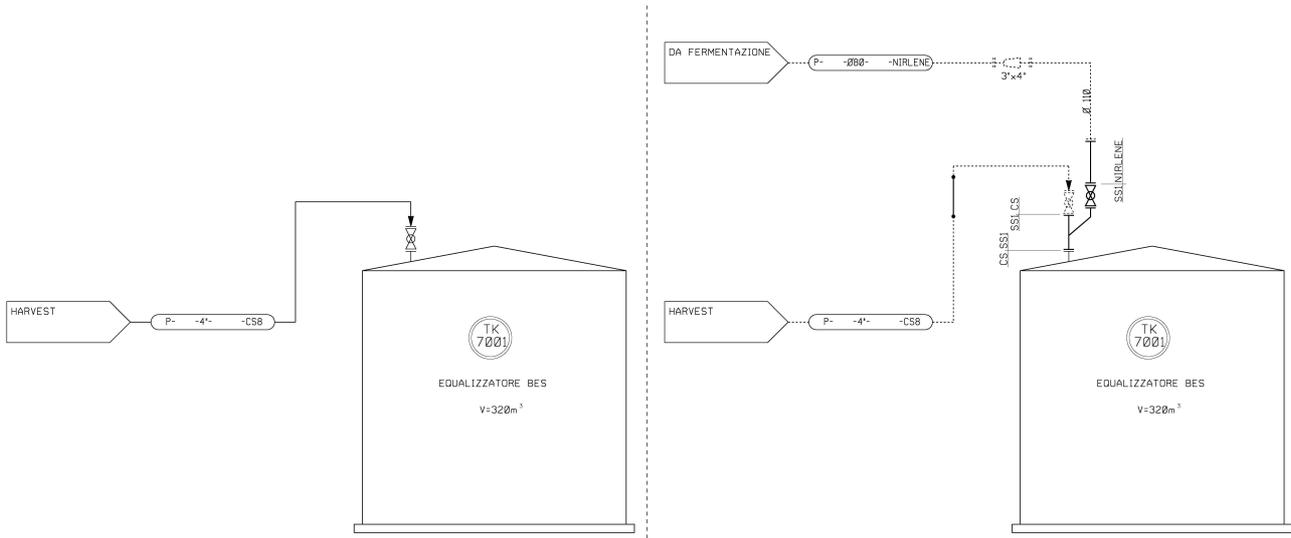


Fig. 4 : TKX existant (à gauche) et projet de modification (à droite) (source : exploitant)

**Les conséquences :**

Conséquences humaines

Cinq ouvriers sont présents lors de l’explosion : quatre sous-traitants et un employé de l’exploitant. Un sous-traitant sur le toit tient la conduite à découper, tandis que les autres se trouvent sur la passerelle qui mène à la cuve (Figure 5).

Lorsque l’explosion se produit, le toit est arraché le long de la ligne de soudure circulaire (Figures 5 à 7) et propulsé à une distance de 20 m, entraînant avec lui la conduite de l’aérateur à grosses bulles (Figures 8 et 9). L’ouvrier sur le toit est projeté sur le toit du TKY et décède.

Les autres opérateurs sont blessés par les débris de la cuve et du toit, gravement brûlés et projetés contre les parois de la cuve la plus proche et au sol par l’onde de choc. Rapidement pris en charge par les services de secours internes, les trois sous-traitants et l’employé de l’exploitant sont placés en congés maladie pendant respectivement 40, 166, 198 et 120 jours.

Conséquences matérielles

Selon une évaluation préliminaire pratiquée par l’exploitant, l’accident se traduit par une perte de 2,6 millions € :

- 1,8 millions € de pertes de matériels, de structures et de production.
- 0,8 millions € au titre de l’intervention et de la remise en état de l’établissement.

L’accident peut être qualifié de « majeur » au sens de la Directive Seveso II, puisque ses conséquences humaines et matérielles excèdent les seuils fixés à l’Annexe VI.



Fig. 5 : Conduite de l’aérateur à grosses bulles arrachée sur le TKX, vue depuis la passerelle (source : ARPA Pouilles)

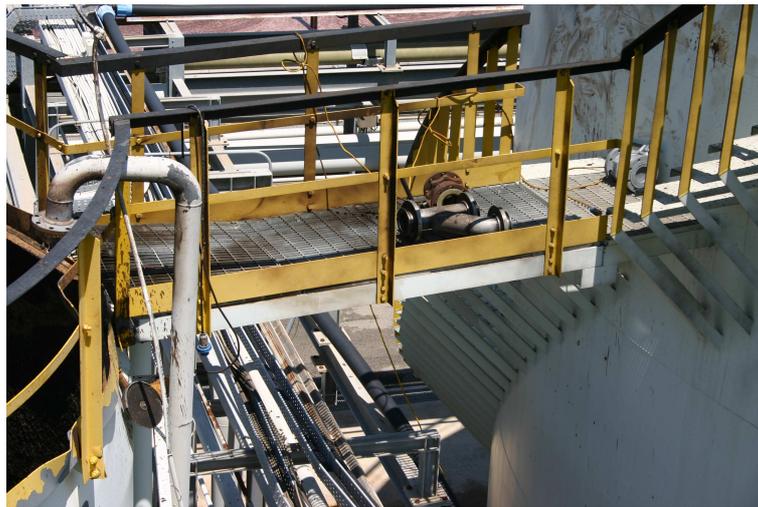


Fig. 6 : Passerelle entre le TKX et le TKY (source : ARPA Pouilles)



Fig. 7 : TKX exposé (source : ARPA Pouilles)



Fig. 8 : Toit projeté au pied du TKX (source : ARPA Pouilles)



Fig. 9 : Toit après l'explosion – À noter : l'absence de bride pleine sur la conduite d'air (source: ARPA Pouilles)

### 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 Etats 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		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences humaines et sociales		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

L'indice des quantités de matières relâchées est fixé à 1 : des gaz explosifs sont impliqués, même si les quantités ne peuvent pas être précisément estimées (paramètre Q1 – quantité de substance rejetée).

Le nombre de blessés et de morts dans l'accident correspond à un indice de 2 pour les conséquences humaines et sociales (paramètres : H3 – nombre de morts, H4 – nombre de blessés graves).

Les conséquences économiques induisent un indice de 2, avec 1,8 million € de pertes matérielles et de production sur le site.

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

Les principales causes directes supposées de l'accident sont la présence inopportune d'une atmosphère explosive à l'intérieur du TKX (probablement produite par la fermentation anaérobie de la BES) et l'organisation inadaptée des travaux de maintenance.

### Les substances concernées :

L'équipement à l'origine de l'accident (TKX) ne doit normalement pas contenir de substances dangereuses. Pour comprendre la situation avant l'accident, l'exploitant pratique une analyse spécifique des composants présents dans la cuve en vue de déterminer ce qui a pu conduire à la production d'une atmosphère explosive.

**Phase liquide :** la composition de la BES avant l'accident (conforme aux conditions d'exploitation normales) est déterminée par l'analyse d'échantillons prélevés en avril et mai 2010 et analysés par un laboratoire spécialisé. La BES contient 93 % d'eau et 7 % de mycélium et de résidus organiques de microorganismes (DCO élevée, à 80 g/l), des traces de produits chimiques employés dans le procédé (métaux, chlorures, sulfates, persulfate de sodium, azote ammoniacal, solvants inflammables) et de solides. Des solvants inflammables sont détectés : alcool isopropylique (500

à 1000 ppm), éthanol (environ 500 ppm), acétone (< 100 ppm), tétrahydrofurane (1,5 %), acétate d'éthyle (< 0,5 ppm), méthanol (environ 300 ppm). Du chloroforme est aussi détecté, dans une quantité de 500 à 600 ppm. La quantité globale de tous les solvants présents dans la phase liquide est insuffisante pour produire assez de vapeur inflammable pour atteindre la limite inférieure d'explosivité (LIE).

Au cours de l'enquête conduite par l'exploitant sur les causes profondes de l'accident, des tests supplémentaires sont pratiqués afin d'analyser la composition de la BES au moment de l'accident. Les échantillons prélevés aussitôt après l'explosion contiennent une quantité de solvants inflammables inférieure à 700 ppm et une concentration de chloroforme inférieure à 0,2 % dans la phase liquide. Ainsi, d'après ces résultats également, la phase liquide ne peut générer suffisamment de vapeur inflammable pour atteindre la LIE. Les échantillons de BES prélevés 10 jours après l'accident donnent les mêmes résultats.

Phase gaz-vapeur : après l'accident, des échantillons de BES sont prélevés au fond de la cuve. Après fermentation anaérobie dans des ampoules scellées, une identification des gaz est pratiquée par chromatographie gazeuse. Une élévation de pression s'est produite dans les ampoules et, au bout de trois semaines, certaines ont explosé à cause de la surpression (Figure 10). L'analyse des gaz confirme la présence de traces de méthane (CH<sub>4</sub>), d'hydrogène (H<sub>2</sub>), de méthane-thiol (CH<sub>3</sub>SH) et de composés sulfurés inflammables, probablement formés à partir de la phase solide accumulée au fond de la cuve, en l'absence de système d'aération.

La chromatographie par échange d'ions de la phase liquide pratiquée par l'exploitant le jour de l'accident révèle la présence de sulfates, de phosphates et de thiosulfates avec d'autres anions. Le persulfate s'emploie normalement dans le procédé d'oxydation pour transformer le principe B en principe O. Le produit n'est pas entièrement converti en sulfates. L'oxydation pourrait avoir continué à l'intérieur du TKX en présence de matières organiques et pourrait avoir formé des sulfates organiques, de l'oxysulfure de carbone (COS), du disulfure de carbone (CS<sub>2</sub>) et d'autres dérivés de soufre organique responsables des bulles malodorantes observées dans l'eau. Le même phénomène est constaté avec la phase liquide à l'intérieur de la cuve après l'accident.

Phase solide : l'analyse pratiquée par l'exploitant sur le gaz produit par la phase solide ou les résidus pâteux prélevés en décembre 2010 en différents endroits de la cuve (fond et parois, Figures 11 et 12) révèle la présence de disulfure de carbone, d'oxysulfure de carbone, de tétrahydrofurane (THF), de dichlorométhane (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>), de chloroforme (CHCl<sub>3</sub>) et d'autres solvants résiduels présents dans les procédés de production.

En particulier, différentes techniques révèlent la présence de solvants inflammables de type sulfurés, comme le CS<sub>2</sub> et le COS, dans la phase solide. Les deux composés affichent une haute inflammabilité, avec un point d'éclair inférieur à la température ambiante :

- Le CS<sub>2</sub> est un solvant à faible point d'ébullition (46°C) . Il présente un point d'éclair de - 30°C, une large plage d'explosivité (1,3 – 50 % v/v) et une très faible température d'auto-inflammation (90°C). De plus, ce composé a une très faible solubilité dans l'eau (2,9 g/l) et sa vapeur est plus dense que l'air.
- L'oxysulfure de carbone (COS) est un gaz malodorant dont le point d'éclair est inférieur à - 30°C. Son point d'ébullition est d'environ -50°C et sa densité de vapeur à température ambiante est supérieure à celle de l'air. Il reste au fond de la cuve au-dessus de la phase liquide. C'est un composé stable en milieu anaérobie, qui s'oxyde en groupes sulfurés en présence d'air.

Ces deux composés peuvent s'obtenir par fermentation anaérobie, par exemple avec des souches de *methanococcus maripaludis*, de *methanothermobacter marburgensis* ou de *thiobacillus thioparus*. Plusieurs références documentaires montrent le rôle de ces souches dans la dégradation de composés sulfurés organiques volatils (disulfure de carbone, méthane-thiol, sulfure de diméthyle, disulfure de diméthyle). Malheureusement, la présence de ces microorganismes ne peut être avérée car la plupart d'entre eux se dégradent en milieu aérobie.

En conclusion, les principales substances responsables de l'explosion du TKX sont l'ensemble de composés inflammables produits par la fermentation anaérobie des phases solide et liquide, qui sont passés à la phase gaz-vapeur et se sont stratifiés en fonction de leur densité : de l'hydrogène et du méthane (plus légers que l'air) dans la partie supérieure proche du toit, les composés de gaz sulfurés demeurant juste au-dessus du niveau liquide.

La quantité exacte de ces composés gazeux mélangés est difficile à estimer. La seule donnée disponible est le volume interstitiel de la cuve, complètement rempli du mélange gazeux : environ 170 m<sup>3</sup>.

Les composés dangereux du mélange inflammable sont recensés ci-dessous :

	CAS	Classification des risques
Hydrogène	1333-74-0	R12
Méthane	74-82-8	R12
Disulfure de carbone	75-15-0	R11, R-36/38-48/23-62-63
Méthane-thiol	74-93-1	R12, R20, R50/53
Oxyde sulfure de carbone	463-58-1	R12, R23

La présence des substances dangereuses ci-dessus, non prévue par l'exploitant puisque n'entrant normalement pas dans le procédé, a également été rendue possible par la présence de substances dangereuses identifiées (persulfates).

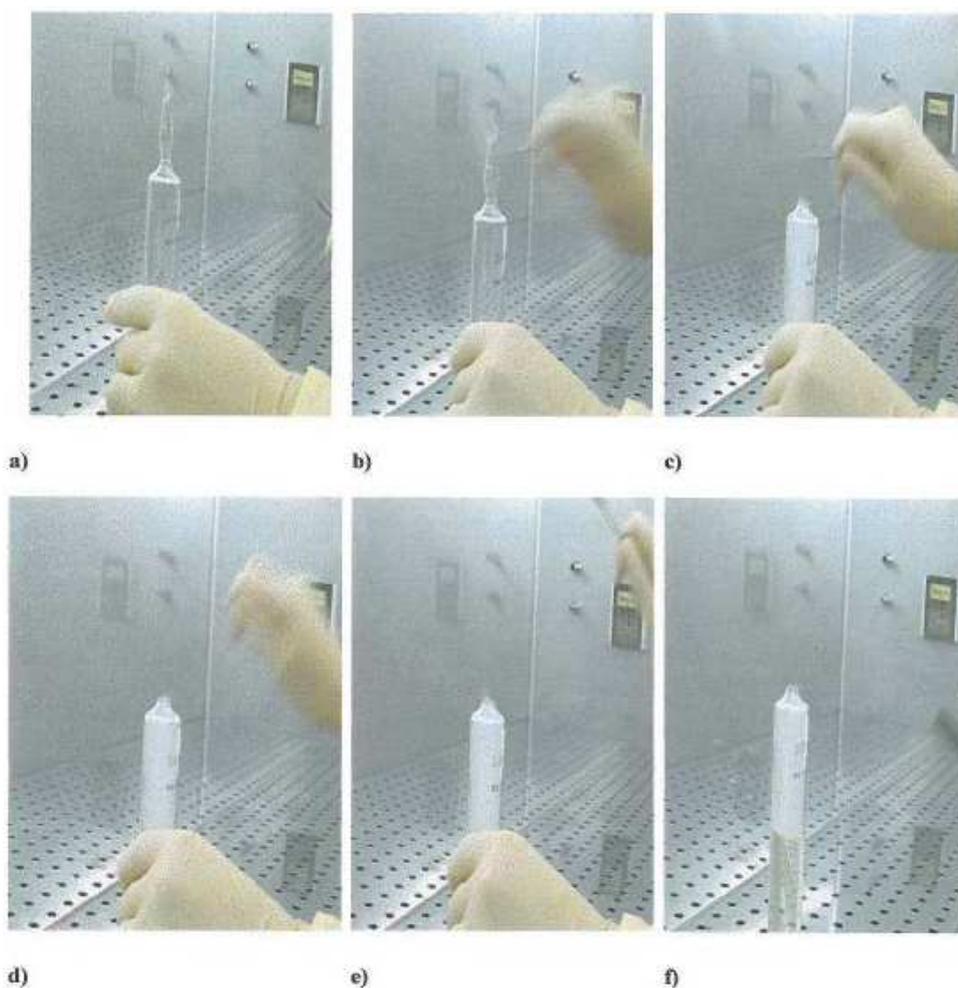


Fig. 10 : Surpression de gaz après fermentation anaérobie dans des ampoules scellées d'échantillons de BES (source : ARPA Pouilles)



Fig. 11 : TKX vidé en décembre 2000 – Résidus solides prélevés dans le fond (source : exploitant)



Fig. 12 : Résidus solides / pâteux prélevés à la buse d'évacuation (source : exploitant)

### Causes directes :

Compte tenu des résultats d'analyse susmentionnés et des résultats d'enquête disponibles en juillet 2012, les causes directes identifiées pour l'accident sont les suivantes :

A. Une atmosphère explosive est présente à l'intérieur du TKX, qui est enflammée par les étincelles produites pendant le découpage de la conduite de remplissage à la scie électrique. La conduite de remplissage a été nettoyée et déconnectée de la cuve sans être obturée par des brides pleines, la buse côté cuve étant restée ouverte (Figures 6 et 9).

B. L'atmosphère explosive provient de la fermentation de la BES qui est encore dans le TKX à l'état anaérobie. Différents types de bactéries difficiles à identifier sont impliqués.

C. La fermentation anaérobie de la BES est due à l'accumulation et au séjour prolongé de boue et de pâte organique résiduelle à l'intérieur de la cuve (fond, parois), en lien avec :

a. la haute teneur organique de la BES : DCO de 80 g/l ;

b. la température du TKX (40-50 °C) favorable à la fermentation bactérienne, d'après les analyses et enquêtes pratiquées par l'agence régionale de l'Environnement ARPA Pouilles (Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente) et les données issues d'études scientifiques sur le processus de fermentation anaérobie ;

c. l'absence d'oxygénation : les systèmes internes de diffusion et d'aspiration d'air devaient être en service pendant l'exploitation normale du TKX, d'après la conception originale de la cuve. Or, le système de diffusion d'air a été fermé après la modernisation de la cuve (en 2000) car considéré comme faisant double emploi avec le mélangeur latéral hélicoïdal interne, « responsable » de mauvaises odeurs et de la présence de mousse et perturbant la stabilité de la BES (normalement garantie par le pH basique, la présence de chloroforme résiduel et un séjour d'une durée limitée dans la cuve) ;

d. un mélange et une homogénéisation inadéquats de la BES : seul le mélangeur latéral hélicoïdal interne est en service, sans la contribution du système d'air mentionné au point c. Le mélangeur hélicoïdal est trop petit pour garantir le mélange adéquat de l'ensemble de la masse liquide qui aurait pu empêcher l'accumulation de la phase solide au fond et sur les parois de la cuve ;

e. la longueur du séjour (2 à 3 jours) de la BES à l'intérieur de la cuve qui facilite la fermentation. Le positionnement de la buse d'évacuation, 40 cm au-dessus du fond de la cuve, autorise l'accumulation de phase solide jusqu'à 40 cm.

L'analyse chimique des phases liquide et solide, pratiquée par l'exploitant, confirme la production de méthane (CH<sub>4</sub>), d'hydrogène (H<sub>2</sub>), de méthane-thiol (CH<sub>3</sub>SH), d'oxysulfure de carbone (COS), de disulfure de carbone (CS<sub>2</sub>) et d'autres composés sulfurés inflammables générés par la fermentation anaérobie. Ces substances peuvent constituer certains des composés du mélange explosif à l'intérieur de la cuve.

### Causes profondes :

Au-delà des causes directes mentionnées ci-dessus, les causes profondes (soulignées dans le texte ci-après) peuvent être identifiées et analysées par référence aux points traités dans le SGS (Système de gestion de la sécurité) de la Directive Seveso II (voir en Annexe la liste de contrôle SGS en usage en Italie) :

#### A. Atmosphère explosive à l'intérieur de la cuve, enflammée par des travaux par point chaud<sup>1</sup> :

a. Le contact entre les étincelles produites par le découpage de la conduite de remplissage et l'atmosphère explosive est la conséquence de l'absence d'obturation de la cuve, en l'occurrence de brides pleines. L'obturation aurait dû être effectuée avant l'opération de maintenance, conformément à la procédure spécifiée par les permis de travaux de l'exploitant, laquelle impose d'indiquer :

- i. sur un permis général, le type de travail, les situations potentiellement dangereuses et les risques induits ;
- ii. sur un permis spécifique, toutes les mesures de sécurité à prendre pour le type de travail à effectuer au regard des risques identifiés sur le permis général.

L'exploitant et le sous-traitant ont tous deux signé le permis de travaux sans compléter les sections relatives aux risques et aux mesures de sécurité à prendre pour les travaux par point chaud. En particulier, l'emploi d'une scie électrique, l'absence d'essais d'explosivité et la non-obturation de la cuve montrent que la zone n'a pas été considérée comme une ATEX : défaut d'évaluation des risques ; défaut de formation du personnel.

b. Un entretien conduit par les pompiers avec le chef des sous-traitants révèle que les sous-traitants et l'employé blessé avaient une compréhension floue de la procédure des permis de travaux, ainsi qu'un savoir-faire insuffisant concernant l'obturation des équipements. En outre, une inspection du SGS conduite par l'agence régionale de l'Environnement indique que la procédure de délivrance d'autorisations des travaux de maintenance au sous-traitant par la Direction / le responsable du SGS, n'était pas clairement décrite : défaut de formation du personnel ; défaut de procédure de maintenance.

Il convient de signaler que l'application stricte d'une procédure de permis de travaux aurait pu à elle seule éviter l'accident, indépendamment de tous les autres problèmes de SGS.

#### B. L'atmosphère explosive est produite par le processus de fermentation anaérobie de la BES à l'intérieur du TKX :

a. La BES, censée être un résidu du processus de fermentation de microorganismes (contenant uniquement de l'eau et du mycélium organique mort), n'avait pas été jugée dangereuse par l'exploitant : défaut d'identification de substances dangereuses.

b. La possibilité de fermentation anaérobie pendant le traitement de la BES à l'intérieur du TKX n'a pas été identifiée lors de la phase d'évaluation des risques. Aucune analyse détaillée (HAZOP, par exemple) n'avait été pratiquée pour la cuve : défaut d'identification de procédés dangereux.

c. L'unité de traitement de déchets n'avait pas été classée en zone ATEX lors de l'évaluation des risques, pour les raisons mentionnées plus haut. En outre, l'évaluation des risques n'avait pas été actualisée après la modernisation de l'usine en 2000, opération au cours de laquelle le système d'air interne avait été mis hors service, à tort : défaut d'évaluation des risques et défaut de gestion des changements.

#### C. L'accumulation et le séjour prolongé de boue et de pâte résiduelle organique à l'intérieur de la cuve (fond, parois) a rendu possible la fermentation anaérobie de la BES :

La mise hors service (pendant 10 ans après la modernisation de la cuve) du système interne de diffusion et d'aspiration d'air s'est traduit par l'absence d'oxygénation interne et par un mélange et une homogénéisation inadéquats de la BES (des opérations pourtant essentielles pour prévenir toute fermentation anaérobie inopportune). Il s'agit-là d'une infraction aux consignes de sécurité de l'usine tirées de la conception originale de la cuve : non-respect des prescriptions en matière de sécurité et défaut de gestion des changements.

## LES SUITES DONNÉES

---

### Mesures d'urgence :

Le plan d'opération interne est immédiatement déclenché. L'équipe interne porte secours aux quatre ouvriers blessés et les transfère à l'hôpital le plus proche. L'usine est fermée et mise en sécurité.

<sup>1</sup> Les travaux par point chaud désignent toute tâche susceptible de créer une source d'inflammation de matières inflammables ou un risque direct d'incendie, même en l'absence de matières inflammables : soudage, brasage, découpage de métaux, meulage, perçage...

Les pompiers publics arrivent sur les lieux 15 minutes après l'accident, trouvent l'ouvrier mort sur le toit de la cuve et vérifient la sécurité de la zone au moyen d'un détecteur ATEX. Ils n'ont pas été appelés par l'exploitant, mais par des personnes extérieures à l'usine qui ont entendu l'explosion.

La situation d'urgence est levée dans un délai de 4 heures. Des agents des collectivités locales et des instances judiciaires arrivent en même temps et ferment le site en entier.

### Autres mesures ultérieures :

Une enquête approfondie est pratiquée par les instances judiciaires, avec l'aide de l'agence régionale de l'Environnement et d'experts techniques. En juillet 2012, des charges sont retenues contre 15 personnes (dont le contremaître et le responsable HSE de l'usine).

L'inspection du SGS conduite par l'agence régionale de l'Environnement décèle suffisamment de manquements au SGS pour ordonner l'arrêt d'une partie de l'usine pendant 15 jours.

L'exploitant, assisté d'un consultant, pratique une analyse détaillée de l'accident qui aboutit aux conclusions mentionnées plus haut. Il élabore alors un plan de sécurité spécifiant toutes les mesures internes de gestion de la sécurité et autres mesures techniques de sécurité à mettre en œuvre pour améliorer en profondeur le système de gestion de la sécurité de l'usine.

## LES ENSEIGNEMENTS TIRES

---

L'analyse met en évidence plusieurs problèmes au niveau du système de gestion de la sécurité :

- **Identification des situations d'accident possibles, analyse de la sécurité et risque résiduel :** l'évaluation des risques n'identifie pas toutes les zones ATEX à l'intérieur de l'établissement. La classification, l'étendue et l'emplacement d'une zone particulière sont fonction de la probabilité qu'une atmosphère explosive apparaisse et perdure le cas échéant. La classification ne doit pas seulement tenir compte des substances dangereuses présentes, mais aussi de la production potentielle et intempestive d'autres substances dangereuses.
- **Formation du personnel :** la procédure de permis de travaux n'a pas été dûment appliquée pendant l'opération de maintenance et les formulaires de permis n'ont pas été correctement remplis par le sous-traitant ni par l'exploitant. En particulier, les mesures de sécurité requises pour les travaux par point chaud, comme l'obturation des orifices, n'ont pas été mises en œuvre.
- **Contrôle opérationnel et procédure de maintenance :** la procédure écrite n'était pas claire et était difficile à comprendre par le personnel, notamment en ce qui concerne la délivrance de l'autorisation au sous-traitant par la Direction / le responsable SGS, comme indiqué plus haut.

Les biotechnologies sont un domaine en rapide expansion, où des procédés similaires à ceux impliqués dans cet accident sont employés pour obtenir divers produits. Une évaluation des risques sérieuse doit être pratiquée pour prendre en compte toutes les substances susceptibles d'être générées.

## ANNEXE : ELEMENTS DE LA LISTE DE CONTROLE DU SGS SEVESO

---

1. Document sur la politique de prévention des accidents
  - 1.i Définition de la politique de prévention des accidents
  - 1.ii Vérification de la structure du SGS et de son intégration dans l'organisation de l'établissement
  - 1.iii Documents de la politique
2. Organisation et personnel
  - 2.i Définition des responsabilités, des ressources et prévision des activités
  - 2.ii Activité d'information
  - 2.iii Activités de formation et de préparation
  - 2.iv Facteurs humains, interfaces opérateur/usine

### 3. Evaluation et identification des risques majeurs

- 3.i Identification des matières et des processus dangereux ; définition des exigences et des critères de sécurité
- 3.ii Identification des accidents potentiels, analyse de la sécurité et des risques résiduels
- 3.iii Planification et mise à jour des solutions techniques et/ou managériales en vue de la réduction des risques

### 4. Contrôle des opérations

- 4.i Identification des usines et des équipements qui seront soumis aux plans d'inspection
- 4.ii Documentation du processus
- 4.iii Mode opératoire et instructions en situations normales, anormales et d'urgence
- 4.iv Procédures de maintenance
- 4.v Fourniture du matériel et des services

### 5. Gestion des modifications

- 5.i Modifications techniques et organisationnelles du site
- 5.ii Mise à jour de la documentation

### 6. Gestion des situations d'urgence

- 6.i Analyse de l'accident, planification et documentation
- 6.ii Rôles et responsabilités
- 6.iii Contrôles et vérifications de la gestion des situations d'urgence
- 6.iv Systèmes d'alarme et de communication et soutien des interventions externes

### 7. Contrôle des performances

- 7.ii Evaluation des performances
- 7.ii Analyse des accidents et des accidents évités de justesse

### 8. Audit et revue

- 8.i Audits de la sécurité
- 8.ii Revue de la politique de sécurité et du système de gestion de la sécurité.

## BIBLIOGRAPHIE

---

1. Delli Quadri F., Elia L. and Bragatto P.A. *Rapport MARS sur l'accident*, Mars 2012
2. Agence régionale de l'Environnement. *Rapport technique sur l'accident*, Mai 2011
3. Agence régionale de l'Environnement. *Rapport d'inspection du SGS*, Février 2011
4. Exploitant. *Rapport technique sur l'accident*, Novembre 2011