

## Accueil des participants

### Romain LAUNAY

Chef du service régional de l'environnement industriel

Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement de la région ILE-DE-France

Mesdames, Messieurs,

J'ai le plaisir et l'honneur de vous accueillir aujourd'hui à Paris pour ce séminaire de réflexion et d'échange sur les accidents industriels, organisé par le Ministère de l'Ecologie, de l'Aménagement et du Développement Durables et plus particulièrement par le Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI) de Lyon.

Permettez-moi tout d'abord d'excuser M. Philippe LEDENVIC, directeur de la DRIRE Ile-de-France, qui vient d'être appelé auprès du Ministre et ne peut donc être parmi nous ce matin. Il m'a demandé de vous accueillir et je le fais avec grand plaisir.

Après quatre régions prestigieuses par leurs vins ou leurs produits du terroir (Champagne, Bordelais, Bourgogne et Normandie), vous avez cette fois-ci choisi Paris et l'Ile-de-France pour partager vos expériences de gestion des risques industriels.

L'Ile-de-France, du fait de ses autres caractéristiques, n'est pas spontanément associée à l'industrie. Il s'agit pourtant, malgré sa faible superficie, de la première région française en termes d'emplois industriels. Qui sait, par exemple, qu'elle devance sur ce plan Toulouse et la région Midi-Pyrénées dans le secteur aéronautique ?

Avec ses 5 000 installations soumises à autorisation et ses 80 établissements classés SEVESO, l'Ile-de-France présente des enjeux forts. L'expertise qui y a été acquise par l'inspection des installations classées dans le contrôle des dépôts de liquides inflammables a amené le Ministère chargé de l'environnement à confier à la DRIRE Ile-de-France le pilotage du groupe de travail chargé de réfléchir aux évolutions réglementaires en la matière. Avec plus de 200 établissements SEVESO seuil haut concernés en France, il s'agit là d'une responsabilité importante. Je peux vous assurer à cet égard que l'accident survenu en décembre 2005 à Buncefield au Royaume-Uni, et dont il sera question au cours de ce séminaire, a retenu toute notre attention. Il nous rappelle que le risque zéro, même s'il doit constituer notre objectif ultime, est une illusion, et nous invite à la modestie dans l'exercice de nos missions.

Le tissu industriel de l'Ile-de-France est le fruit d'une longue histoire. Situé à l'intérieur ou aux franges de l'une des plus grandes agglomérations européennes, il a nécessité très tôt de la part des autorités des réponses qui ont fait de Paris une ville précurseur en matière d'encadrement des activités polluantes ou à risque.

A l'aube du 19ème siècle, Paris était engagée dans une révolution industrielle qui voyait se côtoyer sur un même territoire manufactures, tanneries, brasseries, distilleries, activités chimiques diverses en pleine expansion et habitat urbain. Il est difficile aujourd'hui d'imaginer tous les inconvénients qui pouvaient en résulter, qu'il s'agisse de nuisances ou de risques pour la santé.

Les réponses apportées jusqu'alors reposaient sur l'arbitraire de décisions individuelles dépourvues de cadre général, qui laissaient d'un côté perdurer des situations inacceptables voire dangereuses pour les riverains, mais exposaient de l'autre les exploitants à des solutions radicales et imprévisibles

qui ne leur garantissaient pas la sécurité juridique nécessaire au bon développement des activités économiques.

En 1806, le préfet de police, par son ordonnance du 12 février, jeta les bases d'une approche moderne du contrôle des activités polluantes ou à risque en soumettant à une autorisation préalable les ateliers, manufactures et laboratoires incommodes ou dangereux, répartis en deux classes qui déterminaient à quelle distance des zones urbaines les établissements devaient s'implanter. D'emblée, ce que l'on appelle aujourd'hui la maîtrise de l'urbanisation fut ainsi posée comme un outil essentiel de gestion des nuisances et des risques. Un autre principe essentiel était déjà présent lui aussi, celui de la consultation et de la prise en compte de l'avis des riverains pour l'octroi des autorisations d'exploiter. L'ordonnance du 12 février 1806 prévoyait en effet une enquête de commodo et incommodo destinée à recueillir les points de vue de l'ensemble des parties.

Complété et étendu à toute la France par le décret impérial du 15 octobre 1810, ce dispositif inspire encore de nos jours la réglementation française relative au contrôle des activités polluantes ou à risques au travers de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement. Mais sa véritable influence s'étend au-delà des frontières de notre pays, que ce soit par les emprunts faits par les directives européennes à la réglementation française ou parce que le décret impérial du 15 octobre 1810 a été conservé ou repris par les pays (Belgique, Pays-Bas, etc...) dans lesquels il trouvait à s'appliquer sous le règne de Napoléon.

Vous le voyez, Paris était un choix tout indiqué pour organiser ce séminaire européen de réflexion et d'échange sur les accidents industriels.

Pendant ces deux jours, nous souhaitons vous laisser un bon souvenir de Paris. J'espère que cela donnera envie aux représentants des 21 autres pays de l'Union européenne, ainsi que de la Croatie et de la Turquie, qui ont répondu présent à notre invitation, d'y revenir.

## Discours d'ouverture

### Laurent MICHEL

Directeur de la Prévention des pollutions et des risques

En tant que DPPR, c'est avec beaucoup de plaisir et d'intérêt que j'ouvre ce séminaire relatif au retour d'expérience sur l'accidentologie industrielle - séminaire organisé pour la 7<sup>ème</sup> fois dans le cadre du réseau IMPEL des inspecteurs européens.

Je remercie tout d'abord la DRIRE Ile de France et son directeur Philippe Ledenvic pour leur forte implication dans l'organisation de cette manifestation en liaison avec le BARPI

Je me félicite aussi de l'ampleur de la participation des inspecteurs de différents Etats qui n'a jamais été aussi importante. Avec 230 participants et 21 Etats membres de l'Union Européenne représentés, ainsi que la Croatie et de la Turquie, la participation des inspecteurs s'accroît de 50% et celle des Etats représentés a plus que doublé. D'emblée sont réunies les conditions favorables à la qualité de nos échanges qui pourront ainsi s'appuyer sur la diversité de nos cultures et de nos pratiques d'inspection.

Je remercie les inspecteurs de ces 23 états d'avoir répondu massivement présent à notre invitation et leur souhaite la bienvenue. Je remercie tout particulièrement ceux qui ont accepté de préparer un exposé. Avec l'analyse de 19 accidents prévus à notre programme, dont 7 survenus hors de nos frontières, nous nous approchons de l'objectif que nous nous étions fixés à l'issue de notre dernier séminaire tenu à Caen en 2005 d'une moitié de présentation d'accidents étrangers.

A l'heure où la France s'apprête à présider la commission européenne, cette participation importante nous conforte dans notre volonté de développer des échanges au plan international, afin de croiser et d'enrichir nos points de vue. L'objectif est de progresser collectivement plus vite en exploitant la diversité des expériences disponibles. A cet égard, le réseau IMPEL constitue une véritable opportunité sur laquelle nous devons continuer à nous appuyer.

\*

Après la terrible explosion survenue à Toulouse en septembre 2001 causant 30 décès, des milliers de victimes et entraînant de profondes perturbations sociales pour les Toulousains, la France a dû modifier profondément sa législation. La prévention des risques s'articule désormais autour des quatre axes suivants :

1. Réduire encore les risques à la source avec des mesures techniques et organisationnelles mises en oeuvre par les exploitants sous le contrôle de l'inspection des installations classées,
2. Améliorer la concertation et la participation des salariés et du public au processus de gestion des risques,
3. Limiter l'exposition aux risques des personnes selon une maîtrise concertée de l'urbanisation autour des établissements les plus dangereux avec la mise en place progressive des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT),
4. Se préparer aux situations de crise et à la gestion des accidents avec des plans de secours adaptés.

Le retour d'expérience sur l'accidentologie est un élément primordial dans la construction et pour la bonne évolution de ce dispositif. IL doit continuer à alimenter régulièrement les réflexions des exploitants et des pouvoirs publics qui ont besoin de fonder leurs positions sur la réalité. L'analyse des situations du passé plus ou moins récent, reste en effet un moyen pragmatique et assez sûr pour apporter des éléments d'appréciation ou de réponse aux questions que nous nous posons.

Par exemple, l'accident de Buncefield qui sera présenté cet après-midi par notre collègue du Royaume Uni, a clairement alimenté les réflexions du groupe de travail mis en place pour mieux évaluer les effets des phénomènes dangereux et façonner des outils d'élaboration des PPRT autour des dépôts de liquides inflammables .

A cet égard, je saisis l'occasion qui m'est offerte aujourd'hui de remercier les inspecteurs français, qui se sont fortement investis aux côtés des agents du SEI dans les groupes de travail sectoriels associant des représentants de syndicats professionnels, des experts et des exploitants et pilotés par les DRIRE. Ce travail conjoint nous permet de progresser secteur par secteur dans nos méthodes d'évaluation et de gestion des risques. Avec ces outils déjà aboutis pour certains ou en voie d'achèvement pour d'autres, nous voilà mieux équipés pour poursuivre l'important chantier des PPRT.

\*

Même si au cours des dernières années, beaucoup de progrès ont été accomplis en matière de retour d'expérience, des améliorations doivent encore être recherchées dans plusieurs directions sur lesquelles doivent porter nos efforts :

1<sup>o</sup> Veiller à une meilleure exploitation du retour d'expérience dans les analyses de risques, les études des dangers et les expertises. Pour progresser, il est indispensable de croiser les études théoriques avec l'expérience pour élargir le champ de réflexion, mieux cerner les possibilités et les limites des mesures de prévention, prendre en compte les dérives organisationnelles survenues et mettre en accord les résultats des études avec les faits.

2<sup>o</sup> Nous devons aussi veiller à un bon équilibre entre les démarches d'étude et celles de suivi des pratiques de terrain. Les visites d'inspection sur le terrain sont indispensables pour s'assurer du respect des prescriptions techniques édictées. Elles doivent aussi permettre de s'assurer de la gestion en continu par l'exploitant des défaillances élémentaires survenant tout au cours de la vie de l'installation. Je souhaite qu'une vigilance permanente soit exercée vis à vis de la bonne application du processus d'amélioration continue dans le cadre de l'article 7 de l'arrêté du 10 mai 2000.

3<sup>o</sup> La troisième orientation porte sur la déclaration et l'analyse par l'exploitant des accidents et incidents qui constituent des obligations réglementaires. Le respect effectif de ces dispositions est un rouage indispensable au fonctionnement dans la chaîne de l'information et de capitalisation du retour d'expérience. Aussi, l'inspection ne doit-elle faire preuve d'aucune indulgence vis-à-vis des exploitants qui omettraient de

- déclarer des accidents ou des incidents
- de transmettre les rapports correspondants dans des délais raisonnables-
- et de tenir à jour les documents du système de gestion des défaillances élémentaires dans le cadre de l'application de la directive SEVESO.

4<sup>o</sup> Le dernier axe d'amélioration porte sur une meilleure remontée des informations vers le BARPI. Afin de rationaliser les échanges d'informations, une première étape avait été franchie en novembre 2005 avec l'utilisation obligatoire d'un format de rapport d'accident ou d'incident. Depuis avril dernier, une deuxième étape est sur le point de l'être avec la généralisation de la saisie sur un site Internet sécurisé. Elle a pour objet de faciliter l'importation des données dans la base ARIA pour permettre la réalisation d'études plus approfondies et de synthèses plus nombreuses au bénéfice des acteurs de la prévention. Je demande aux inspecteurs français d'utiliser systématiquement ce nouvel outil de transmission des informations pour les accidents et incidents déclarés par les exploitants. Je leur demande aussi de remonter vers le BARPI les défaillances élémentaires des mesures de réduction des risques repérées lors des inspections et qui présenteraient un caractère rare ou pédagogique.

En corollaire à cette orientation figure évidemment la phase de partage des informations avec l'ensemble des acteurs. Je rappelle à ce propos que le BARPI met à disposition des acteurs un certain nombre d'outils, d'analyses et de synthèses centrés sur l'accidentologie des installations classées. 33 000 résumés d'accidents, des fiches détaillées, des synthèses et recommandations sont ainsi disponibles sur le site [aria.ecologie.gouv.fr](http://aria.ecologie.gouv.fr)

Au delà des aspects techniques, la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques a clairement mis l'accent sur la nécessité d'une meilleure information du public

avec l'instauration des Comités Locaux d'Information et de Concertation qui doivent être tenus informés (en application de l'article L 125-2 pour les connaisseurs) de tout accident ou incident touchant à la sécurité des installations.

En effet, l'histoire nous rappelle que la mise en œuvre d'actions et moyens aussi efficaces soient-ils dans la conception, l'exploitation et le contrôle des installations ne permet pas d'écartier le risque d'accident majeur. En conséquence, dès lors qu'un procédé dangereux est mis en œuvre, les acteurs sont condamnés à s'organiser le mieux possible pour en réduire la probabilité et en limiter la gravité des conséquences potentielles. Aussi en toute logique, notre société doit-elle s'attendre à d'autres accidents et s'organiser face à l'éventualité d'accident majeur.. Cela suppose bien sûr des plans de secours comportant des mesures les mieux adaptées possibles, mais aussi l'instauration d'un véritable dialogue avec la société sur les limites de la prévention des risques.

Il s'agit, en dehors des périodes de crise, de mettre à la disposition de la société civile des éléments lui permettant de se forger une opinion sur les réalités et les difficultés de la prévention pour qu'elle puisse participer à la gestion des risques auxquels elle est exposée.

Les incidents notables ou perçus de l'extérieur des établissements fournissent l'occasion aux exploitants d'une communication dans un contexte moins sévère et plus efficace que celui de l'accident. L'expérimentation conduite pendant plus d'une année dans 8 régions françaises a mis en évidence l'importance du déficit d'information locale de la société civile dans ce domaine.

Devant ce constat et sur la suggestion de la DPPR, trois organisations professionnelles : l'Union des Industries Chimiques, l'Union Française des Industries Pétrolières et le Groupe d'Etudes et de Sécurité des Industries Pétrolières et chimiques ont décidé en décembre dernier d'instaurer, en partenariat avec le ministère chargé de l'écologie, une nouvelle dynamique d'information sur l'ensemble du territoire national. Elle consiste pour les exploitants d'établissement Seveso seuils haut et bas à développer une information à chaud en direction du public, des associations, des élus et des relais d'opinion locaux en cas d'incidents notables ou perçus de l'extérieur.

Ce dispositif fondé sur le seul volontariat des entreprises implique une réelle détermination de tous les acteurs concernés et doit s'inscrire dans la durée. Aussi, je compte sur l'inspection des installations classées pour promouvoir, accompagner et soutenir cette action auprès de chaque exploitant d'installation Seveso adhérent ou non aux organismes précités, mais aussi auprès des instances de concertation spécialisées (S3PI, CLIC...) où les principales entités concernées sont représentées.

\*

Je vous remercie de votre attention et vous propose sans plus tarder d'engager le cycle des exposés. Notre séminaire est articulé autour de l'analyse d'une vingtaine de cas d'accidents.

L'ordre du jour recouvre différents thèmes parmi lesquels :

- des ruptures brutales de capacités
- des sur-remplissages, fuites, débordements ou engorgements d'unités
- des cas d'explosion de poussières
- la maintenance des installations et la sous-traitance de certaines opérations.

Bien entendu ces aspects techniques seront examinés sous l'angle du « facteur organisationnel et humain » qui sous-tend davantage de progrès.

Le rythme des présentations est cadencé par demi heure, soit 15 à 20 minutes pour chaque exposé, suivies de 10 à 15 minutes d'échanges avec la salle.

Je précise que votre mallette contient différents documents dont une synthèse intitulée « Analogies » préparée par le BARPI. Ce document en français et en anglais, propose une analyse transversale d'accidents de la base de données ARIA qui présentent des similitudes avec les cas qui nous seront présentés.

J'invite maintenant Philippe FRICOU, inspecteur des installations classées à la DRIRE Rhône-Alpes, à venir nous exposer l'accident de CHAMPAGNIER.

## Explosion d'une canalisation de chlore

Le 21 mai 2005

Champagnier [Isère]

France

Détonation  
Canalisation  
Chlore  
Hydrogène  
Chlorure ferrique  
Traçage  
Corrosion  
Consignation  
Maintenance

### LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

#### Les sites :

Intégrée à la plate-forme chimique du Pont-de-Claix, l'usine produit du chlore et de la soude. Elle exploite également un chloroduc pour le transfert d'une partie du chlore fabriqué vers un site utilisateur synthétisant principalement du chloroprène par chloration du butadiène.

Les sites producteur et utilisateur, classés Seveso seuil haut, emploient respectivement 280 et 250 personnes.

#### L'unité impliquée :

La canalisation aérienne de 3 600 m de long, 8 pouces (soit 207 mm) de diamètre intérieur et 5,6 mm d'épaisseur, est utilisée pour le transport de chlore gazeux entre les deux établissements précités. Elle est située sur un terrain propriété de l'exploitant, à l'exception d'un passage sur une voie de circulation ouverte au public.

Construite en 1961, elle a d'abord été utilisée pour le transport de chlorure d'hydrogène anhydre (HCl) jusqu'en 1975, puis pour le transport de chlore (Cl<sub>2</sub>) désoxygéné et séché à partir de 1986. Cette canalisation n'a pas été exploitée entre 1975 et 1986.

En acier peint et calorifugée sur toute sa longueur, la conduite dispose en partie externe supérieure d'un traçage électrique par effet de peau, composé de deux boucles indépendantes de 1800 m, l'une coté producteur, l'autre coté utilisateur. En service, la pression absolue de chlore gazeux dans la canalisation est de 5,3 bar (soit 4,3 bar relatifs) pour une température de peau régulée entre 25 et 30 °C.

Cette canalisation de transport qui n'a pas fait l'objet d'une déclaration d'intérêt général, est réglementée par un arrêté préfectoral pris en 1986 au titre de la législation des installations classées.

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

#### L'accident :

Le 21 mai 2005 vers 10h50, une explosion majeure, entendue à plusieurs kilomètres à la ronde, se produit au niveau du chloroduc à 150 m du point de livraison du site utilisateur ; elle s'accompagne de l'émission d'un nuage rougeâtre.

#### Les conséquences :

Aucune victime n'est à déplorer. Seuls des dommages importants sur les matériels et sur la végétation sont constatés. Le transfert du chlore ayant été interrompu la veille, la quantité de chlore émise à l'atmosphère est estimée à 475 kg. Le chloroduc est sectionné dans sa



Source : DRIRE Rhône-Alpes

partie terminale, sur une longueur de 64 m en 3 tronçons avec projection de fragments ; et notamment :

- sur le site utilisateur :
  - ✓ un élément de 20 à 30 kg, à 180 m de la zone sectionnée du chloroduc,
  - ✓ un élément de 10 à 20 kg à 150 m.
- Dans le champ à l'est du chloroduc :
  - ✓ un élément de 30 à 40 kg, à 85 m,
  - ✓ un élément de 10 à 20 kg, à 70 m.
- Sur le chemin vers le nord :
  - ✓ un élément de 10 à 20 kg, à 60 m.



Source : DRIRE Rhône-Alpes

Près de la zone de rupture la plus proche du site producteur, l'environnement immédiat est maculé d'une poudre rouge foncé, constituée en majorité du chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) contenu dans la couche de passivation de la conduite.

Les dommages relevés (rupture en hélice, onde de pression...) confirment le caractère détonant de l'explosion.



Source : DRIRE Rhône-Alpes



Source : DRIRE Rhône-Alpes

D'importants impacts sont relevés sur les installations proches :

- ✓ l'effet de souffle est à l'origine de dommages sur le bardage et les chaînes d'un bâtiment du site utilisateur ; l'un des éléments projeté a endommagé une toiture.
- ✓ Quatre canalisations (diamètre 100 mm) - deux d'azote (13 bar, 2 à 3 000 m<sup>3</sup>/h), une d'oxygène (10 bar) et une inutilisée (sous azote à pression atmosphérique) - installées sur le même rack aérien que le chloroduc, sont également endommagées (déformation, poinçonnage, pliage...) mais aucune fuite n'est constatée.
- ✓ Les câbles électriques, de téléphone et d'alarme incendie qui longeaient le rack sont sectionnés, coupant notamment tous les moyens de communication entre les 2 salles de contrôle des sites producteur et utilisateur.

Parmi les nombreux constats effectués lors de l'enquête, on relèvera la présence de dépôts solides importants dans la canalisation accidentée.



Source : DRIRE Rhône-Alpes

## 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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>

Les 475 kg de chlore rejetés représentent 1,8 % du seuil Seveso correspondant (25 t) soit le niveau 3 de l'indice «matières dangereuses relâchées» (paramètre Q1).

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

In fine, l'explosion est due à la présence d'un **mélange d'hydrogène** (carburant) **et de chlore** (comburant), **allumé par une élévation de température prolongée** (source d'ignition). La détonation a été amplifiée par réflexion de l'onde de pression sur la vanne d'extrémité fermée.

- L'origine du chlore est évidente puisque liée à l'exploitation de l'ouvrage.
- La présence d'hydrogène résulte de phénomènes physico-chimiques plus complexes :

Un incident en **avril 2001** (piquage laissé ouvert par temps pluvieux alors que le chloroduc avait été mis en dépression, lors du remplacement de la vanne d'isolement d'un capteur de pression) a permis une entrée d'humidité, à l'origine de la forte hydratation d'une partie du chlorure ferrique contenu dans la couche de passivation de la conduite et liée à son exploitation régulière. Ce chlorure ferrique hydraté sous forme solide est ainsi resté dans l'ouvrage en exploitation entre avril 2001 et mai 2005.



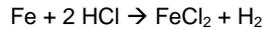
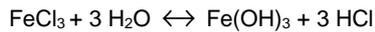
Source : DRIRE Rhône-Alpes

Le **18 mai 2005**, le câble transmetteur de l'unique sonde de température de régulation du système de chauffage du chloroduc est coupé au niveau du site utilisateur (lors du soulèvement des dalles de protection), sans que cela ne soit signalé, ni que l'alarme de mise en défaut ne soit correctement traitée. Des essais montreront que cette coupure entraîne la mise en chauffe du traçage électrique (position de repli en sécurité).

Le **20 mai 2005**, l'arrêt du premier réacteur de chloration du site utilisateur provoque la fermeture de la vanne automatique d'alimentation en chlore. La surpression dans le chloroduc consécutive à cette fermeture provoque l'arrêt du second réacteur par alarme de température haute. Redémarré vers 2 h, ce réacteur s'arrêtera de nouveau à 8h45.

Entre 8h45 et 9h27, la pression de chlore dans la canalisation relevée par trois capteurs baisse de 4,2 à 3,5 bar. Les vannes d'extrémité, automatiques et manuelles, sont fermées, le débit de chlore est interrompu à 9h45. Entre 10h55 et 11h25, le chloroduc est dégazé vers la colonne de traitement prévue à cet effet. L'ouvrage, resté sous atmosphère de chlore à une pression résiduelle de 0,25 bar, est alors supposé en sécurité pour les 10 jours d'arrêt de maintenance de l'usine.

**Du 18 au 21 mai 2005**, du fait du chauffage par le traceur électrique non régulé, le chlorure ferrique contenu dans la canalisation est porté à une température de l'ordre de 90 °C. L'enquête révélera qu'à partir de 40°C, le dépôt prélevé dans la canalisation et constitué majoritairement de chlorure ferrique hydraté par 6 molécules d'eau ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) se liquéfie. Le produit de cette liquéfaction constitue une solution acide très corrosive (formation d'acide chlorhydrique - HCl) qui réagit avec l'acier de la canalisation pour former de l'hydrogène ( $\text{H}_2$ ) selon les réactions chimiques suivantes :



- L'absence de transfert de matière par la canalisation a limité les échanges thermiques et permis l'accumulation d'un mélange explosif  $\text{Cl}_2 / \text{H}_2$  (20%) qu'une très faible énergie d'initiation (de l'ordre de la dizaine de microjoules) suffisait à allumer. Le maintien du chauffage maximal (90 °C) pendant 72 heures constitue une source d'ignition probable pour l'accident.

## LES SUITES DONNÉES

---

Après évaluation de la sécurité de l'ouvrage partiellement détruit dont la température était restée particulièrement élevée après l'accident et mise en place des premières mesures d'urgence, comme la pose de bouchons pour obturer les parties sectionnées, de larges investigations sont effectuées dans les 2 sites pour évaluer un panel d'hypothèses quant à l'origine de l'explosion : mélange chlore et CO, mélange chlore et composés organiques...

Début juillet, deux nettoyages internes de la canalisation par grenailage avec des granulats de granit dans un flux d'azote sec sont imposés à l'exploitant. Avant et après ces nettoyages, des contrôles par endoscopie et radiographie sont effectués pour juger de leur efficacité. Le premier nettoyage permet d'extraire près de 3 000 kg d'un solide composé majoritairement de chlorure ferrique, de nitrate et sulfate de fer. Le deuxième, imposé au vu des résultats de contrôles endoscopiques, permet d'extraire encore 4,4 kg de dépôt résiduel.

En l'absence de connaissance précise du mécanisme de création de ces dépôts (en sus du dépôt historique), des contrôles endoscopiques réguliers sont imposés à 6 mois et 12 mois puis annuellement.

L'exploitant procédant au remplacement des 400 derniers mètres de la canalisation affectés par l'accident, la partie neuve de la conduite fait l'objet de plusieurs contrôles dont notamment une épreuve et un contrôle des soudures ; après assemblage, l'intégralité du chloroduc fait l'objet d'un nettoyage interne et d'un séchage.

Enfin, une analyse de risque par la méthode de la revue de sécurité sur schémas devant permettre de proposer des solutions fiables pour éviter le renouvellement de ce type d'accident conduit en particulier à plusieurs améliorations :

- ✓ remplacement des cordons chauffants par des cordons autorégulés (limitation par conception de la température pouvant être atteinte) munis d'une sécurité de température haute indépendante ;
- ✓ ajout de sondes de température de peau supplémentaires le long du chloroduc ;
- ✓ installation d'un arrêt d'urgence avec décompression du chloroduc (fermeture des vannes aux extrémités et ouverture de la vanne de dégazage vers le système de traitement des gaz chlorés) ;
- ✓ modification de la position de sécurité de la vanne de dégazage ; celle-ci sera ouverte sur perte de fluide ou disposera d'un réseau d'air de secours.

Outre les mesures précitées, l'étude de dangers est actualisée et complétée par une analyse des meilleures technologies disponibles pour transporter le chlore.

A la suite de ces travaux conduits entre juin et août 2005, le redémarrage sous conditions de l'ouvrage est autorisé par arrêté préfectoral du 09/08/2005 sur rapport de la DRIRE en date du 28 juillet 2005 et après avis du CDH de l'Isère réuni exceptionnellement à cette fin le 8 août 2005.

## LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

---

Suite à cet accident, les recommandations Eurochlor ont été actualisées pour adapter les conditions de mise en sécurité d'un pipe selon la durée d'arrêt du transfert :

- ✓ arrêt de courte durée (quelques heures) : toujours éviter l'introduction d'humidité.
- ✓ arrêt plus long ou intervention : dépressurisation recommandée du collecteur pour limiter la quantité de chlore résiduelle puis balayage avec un gaz inerte. Il est également conseillé d'arrêter le traçage pour éviter tout apport d'énergie.

Pour les pipes "longs", ces recommandations apparaissent dans le GEST 7325.

Avant de considérer les enseignements techniques liés à l'exploitation d'équipement utilisant du chlore, il faut souligner la part du facteur organisationnel et humain dans cet accident, notamment en terme de :

- ✓ réalisation de travaux, dont l'impact peut se manifester des années plus tard,
- ✓ consignation des installations lors d'arrêt pour maintenance,
- ✓ traitement des défauts et alarmes.

Dans le cadre du retour d'expérience pour les canalisations de transport de chlore, cet accident met en évidence 3 points critiques :

- ✓ le suivi de la température y compris en phase d'arrêt,
- ✓ la protection des ouvrages contre l'humidité,
- ✓ le contrôle de l'état de surface des canalisations notamment vis-à-vis de la formation de dépôts.

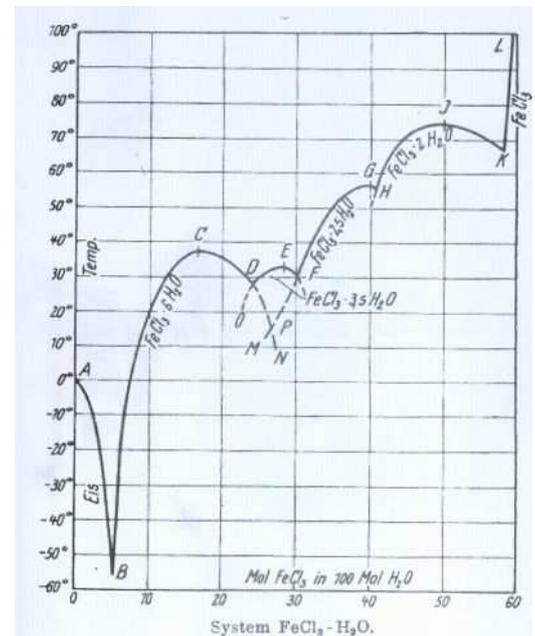
Plusieurs recommandations techniques sont formulées par les experts à la suite de cet accident :

- ✓ lors de la consignation d'une canalisation de chlore, celle-ci ne doit pas être maintenue sous chlore mais purgée avant son isolation ou laissée sous un faible débit d'azote. Il convient également d'arrêter tout dispositif de traçage pour éviter un apport d'énergie ;

- ✓ éviter l'introduction d'eau dans l'ouvrage ;

- ✓ surveiller l'état de la paroi interne de la canalisation : la présence d'hydrate est une source potentielle permanente d'hydrogène et donc de risque, compte tenu de la très faible énergie d'allumage d'un mélange chlore - hydrogène (de l'ordre de la dizaine de micro-joules à la stœchiométrie). L'absence d'hydrate doit être vérifiée périodiquement car si la formation de chlorure ferrique peut être considérée comme une protection de l'acier (passivation) ceci n'est vrai que si  $\text{FeCl}_3$  ne donne pas lieu à la formation d'hydrates dont la fusion, qui peut intervenir dans une large gamme de température à partir de  $-55^\circ\text{C}$  (cf. diagramme des phases solide et liquide du système  $\text{FeCl}_3$  et  $\text{H}_2\text{O}$  ci-contre), produit un liquide corrosif attaquant rapidement l'acier en produisant de l'hydrogène.

- ✓ Il est important de disposer de chlore sec et de maintenir dans l'ouvrage un régime dynamique permettant d'éviter toute accumulation de substances dangereuses.



Source : Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology ; vol 6 ; 2004 (fifth edition)

Compte-tenu de la large utilisation du chlore, le retour d'expérience

de cet accident doit être utilisé non seulement pour les canalisations mais aussi pour les équipements et capacités de toute nature (réacteurs, bouteilles...) susceptibles d'être soumis à l'action du chlore et d'une entrée accidentelle d'humidité. Pour ces équipements, l'apparition d'un phénomène dangereux comparable celui présenté ici dépend notamment des éléments suivants :

- quantité de  $\text{FeCl}_3$  formé sur les parois du contenant ;
- rapport entre la surface recouverte par  $\text{FeCl}_3$  et le volume du contenant ;
- quantité d'humidité introduite dans ce contenant ;
- soin apporté aux éventuelles opérations de nettoyage de  $\text{FeCl}_3$  hydraté avec une solution alcaline ;
- la fusion de l'hydrate de chlorure ferrique qui peut intervenir dans une large gamme de température (à partir de  $-55^\circ\text{C}$ ) et qui génère l'attaque acide avec formation d'hydrogène ;
- rapport des concentrations d'hydrogène et de chlore influant sur les conditions et vitesse de combustion ;
- vitesse de renouvellement de la phase gaz du contenant ;
- énergie d'initiation du mélange pouvant être apportée par différents moyens tels qu'un régime d'écoulement turbulent du gaz, un choc sur la paroi...
- coefficient de forme du contenant susceptible d'influer sur la vitesse de combustion...

## Incendie dans un dépôt de pesticides

Le 27 juin 2005

Béziers – [Languedoc-Roussillon]

France

Agrochimie/Phytoprotecteurs  
 Stockage  
 Fumées toxiques  
 Eaux d'extinction  
 Confinement  
 Organisation / Procédure  
 Pompe de relevage  
 Cloisonnement  
 Extinction automatique  
 Dispositif anti-intrusion

### LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

#### Installation concernée

La société formule, conditionne et stocke des produits agropharmaceutiques solides et liquides (insecticides et fongicides)

La production du site de Béziers comporte 2 unités opérationnelles :

- l'unité des liquides (à base d'eau ou de solvants)
- l'unité des solides (poudres et granulés).

#### Principales matières stockées sur le site

	Risques
Substances liquides ou solides (classés T <sup>+</sup> , T, autres)	Emissions de produits toxiques en cas d'incendie Pollution des eaux d'extinction incendie

La société dispose de 9 bâtiments de production et/ou stockage implantés sur un terrain de 17 ha :

- un ensemble de bâtiments désignés « A,B,C,D » et un bâtiment dit « R » dédiés à l'activité des poudres et granulés,
- un ensemble de bâtiments désignés « G,H,I » dédiés à l'activité des liquides,
- un bâtiment de stockage de matières actives et/ou produits finis désigné « T »
- un stockage aérien de liquides inflammables,
- plusieurs bâtiments tels que bureaux, cafétéria, laboratoire...
- un bassin de récupération des eaux d'extinction de 10 000 m<sup>3</sup> et 2 réserves d'eau de 600 m<sup>3</sup>.

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

### L'accident

Le 27 juin 2005, vers 3 h, un incendie se déclare dans un bâtiment constitué de 4 sous-ensembles (A,B,C,D) de formulation, de conditionnement et de stockage de produits agropharmaceutiques.

Un gardien assure la surveillance du site. Aucun personnel n'est présent sur le site à cette heure-là.

A 3h05, le gardien est alerté par le déclenchement de la détection incendie au niveau de l'atelier D1 (partie haute de la zone D). Après confirmation de l'incendie en se rendant sur place, il prévient successivement vers 3h10 les services d'incendie et de secours puis le cadre d'astreinte.

Les pompiers sur les lieux à 3h25 constatent que les zones B,C et D du bâtiment sont en feu. Vers 3h40, l'incendie est généralisé à l'ensemble du bâtiment.

L'exploitant active la rétention du site en obstruant le réseau pluvial (ballons gonflables). La fermeture du gaz est effectuée vers 4h 10 au niveau du site, puis à 4h25 par les services du gaz.

Le site n'étant pas secouru électriquement, la perte électrique est totale.

Le Plan Particulier d'Intervention (PPI) est déclenché à 4h22. Un périmètre de sécurité de 400 m est établi, en concertation avec l'autorité préfectorale et les différents services administratifs concernés, sur la base des quantités de produits impliqués et évaluées par l'exploitant et de la durée de l'incendie (au lieu des 200 m prévues par l'étude de dangers).

A la suite d'une défaillance de la pompe de reprise du site, une société spécialisée contactée par l'exploitant arrive à 5h33 pour pomper les eaux d'extinction polluées dans la rétention et les transférer dans le bassin étanche de 10 000 m<sup>3</sup> prévu à cet effet. Un pompage fixe est ensuite mis en place en fin de journée.

Les pompiers effectuent une reconnaissance aérienne par hélicoptère vers 8h15. Un panache de fumée s'étend de façon significative jusqu'à Coursan (une quinzaine de kilomètres en direction de Narbonne)

Le feu maîtrisé vers 8 h continue jusqu'en fin de matinée. Le bâtiment accidenté est détruit.

Le PPI est levé à 16h15.

Une enquête judiciaire est lancée avec interdiction d'intervenir sur les "restes" du bâtiment. Des produits continueront à se consumer sous la surveillance des pompiers jusqu'au 4 juillet et celle de l'exploitant après le cette date.

Cette lente combustion entraîne l'émission de fumeroles plus ou moins importantes avec reprises ponctuelles de feux.



Incendie des bâtiments

### Les conséquences

Le lundi 27 juin 2005, jour de l'incendie, l'exploitant présente à l'inspection des installations classées une évaluation de la situation et les mesures compensatoires à mettre en œuvre pour limiter l'impact environnemental de la pollution et prévenir une aggravation des dommages.

Plusieurs constats sont effectués :

- généralisation de l'incendie au bâtiment A, B, C, D,
- récupération en partie basse de l'établissement, des eaux d'extinction pompées pour partie par les camions de l'entreprise spécialisée puis renvoyées dans le bassin de 10 000 m<sup>3</sup> après la mise en œuvre d'une pompe de secours,

- mise en sécurité du site par déclenchement des ballons d'obturation pour les eaux d'extinction incendie et par fermeture de l'alimentation en gaz naturel,
- émission d'importantes quantités de fumées,
- liste précise des données physico-chimiques et quantités de produits dans le bâtiment A,B,C,D non immédiatement communiquées par l'exploitant aux services d'intervention en raison de l'indisponibilité des réseaux électriques et informatiques.



Panache de fumées s'élevant au-dessus du site

### Echelle 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', l'accident peut être caractérisé compte - tenu des informations disponibles par les 4 indices suivants.

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

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>.

Les 87,73 t de substances toxiques impliquées dans l'incendie représentent 44 % du seuil Seveso correspondant (200 t - substances toxiques), ce qui équivaut au niveau 4 de l'indice « matières dangereuses relâchées » selon le paramètre Q1 (Q1 compris entre 10 % et 100 %).

Les 98,92 t de substances très toxiques impliquées dans l'incendie représentent 495 % du seuil Seveso correspondant (20 t - substances très toxiques), ce qui équivaut au niveau 5 de l'indice « matières dangereuses relâchées » selon le paramètre Q1 (Q1 de 1 à 10 fois le seuil).

Le niveau global de l'indice « matières dangereuses relâchées » atteint par conséquent 5.

Le paramètre H7 de l'indice « conséquences humaines et sociales » atteint le niveau 4 : 3 000 personnes sont confinées pendant 12 h ( $5\ 000 \leq N < 50\ 000$  avec  $N = \text{nombre de riverains évacués ou confinés chez eux} > 2 \text{ h} * \text{nombre d'heures}$ ).

Le paramètre €16 de l'indice « conséquences économiques » atteint le niveau 4 : une première estimation évalue les pertes de production à 40 M€ (€16 compris entre 10 et 50 M€).

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

---

Les origines et causes de l'accident ne sont toujours pas connues à ce jour.

Une enquête judiciaire est effectuée. La police scientifique se rend sur les lieux de l'incendie à 2 reprises et les compagnies d'assurance mandatent des experts. Plusieurs pistes sont explorées :

- décomposition auto-catalytique de produits phytosanitaires,
- court-circuit électrique,
- fuite de gaz,
- acte de malveillance.

La décomposition auto-catalytique de produits peut conduire à leur inflammation. Toutefois, il s'agit d'un processus généralement long qui s'accompagne toujours d'émissions de fumées et d'odeurs. Or, le gardien passé au point D1 (partie haute du bâtiment D) lors de sa ronde moins d'1 h avant l'incendie, n'a rien remarqué.

Concernant les autres hypothèses, ni la police scientifique, ni les experts des compagnies d'assurances n'ont pu déterminer l'origine de l'incendie, ni expliquer la vitesse de propagation aux autres bâtiments, si ce n'est par l'absence de cloisonnement coupe-feu, au niveau de l'allée de circulation entre les bâtiments D et B.

Lors de sa ronde avant l'incendie, le gardien avait pour mission d'ouvrir toutes les portes coupe-feu pour faciliter la prise de poste de la première équipe du matin qui commence à 5 h. La fermeture de ces portes qui se déclenche par l'intermédiaire d'un fusible de température et n'est pas directement asservies au système de détection incendie.



Eaux d'extinction incendie

## LES SUITES DONNÉES

---

Le 28 juin 2005, la DRIRE propose au Préfet de l'Hérault, un arrêté préfectoral d'urgence pour encadrer la mise en sécurité, la surveillance de l'environnement et les conditions de redémarrage des unités qui n'ont pas été affectées par l'incendie.

En particulier, cet arrêté impose :

- la suspension de toutes les activités de l'établissement,
- la surveillance des installations impliquées dans l'accident pour prévenir toute extension du sinistre aux installations connexes,
- le contrôle et la protection des installations sur site, jusqu'au rétablissement des moyens de détection et d'extinction, ces moyens devant faire l'objet d'une vérification préalable avant leur remise en service,
- le rétablissement des réseaux électriques et d'eaux du site pour qu'ils participent aux moyens d'alerte et de protection,
- de recueillir les eaux d'extinction contenues en aval des installations A,B,C,D et de les transférer dans le bassin incendie dimensionné à cet effet,

- une surveillance de l'environnement comprenant, à minima :
  - la surveillance de la qualité de l'air à proximité du site, à une fréquence adaptée à l'évolution du sinistre et des conditions météorologiques jusqu'à l'extinction complète de l'incendie,
  - la surveillance de la qualité des eaux souterraines au droit du site et de la pollution des sols et eaux de surface à l'extérieur du site. Cette surveillance porte sur les substances chimiques émises lors de l'incendie.
- l'élimination dans un centre autorisé à cette effet des eaux d'extinction, toute reprise d'activité n'étant pas envisageable tant que 80 % de la capacité du bassin incendie ne pourra être utilisée,
- la démolition des bâtiments A,B,C,D et l'évacuation des structures, gravats, et produits subsistants vers des filières de traitement adaptées,
- la remise d'un rapport d'accident en application de l'article 38 du décret du 21 septembre 1977.

Par ailleurs, il est demandé à l'exploitant le 7/07/2005, de faire évaluer par un organisme compétent et reconnu, l'impact sanitaire sur les populations avoisinantes des fumées émises lors de l'incendie.



Destruction des bâtiments incendiés

## LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de cet accident :

✓ Concernant l'incendie :

- l'extension extrêmement rapide de l'incendie à l'ensemble des bâtiments juxtaposés alors que les produits stockés ne sont pas considérés comme « inflammables »,
- la non-pollution des eaux superficielles et souterraines; les dispositifs en place ont fonctionné correctement malgré une défaillance de la pompe de reprise,
- la gêne induite par les fumées de l'incendie à de nombreuses personnes, mais sans pour autant que le seuil de toxicité relatif aux effets irréversibles ne soit atteint ,
- les résidus de combustion tels que les dioxines, les phtalates, les HAP, les produits phytosanitaires, mesurés dans l'environnement (sols et végétaux) font apparaître des valeurs qui ne sont pas significativement différentes de celles habituellement constatées en zone urbaine ou industrielle,
- la nécessité d'améliorer la communication des autorités en direction de la presse et le public, notamment durant toutes les premières heures du sinistre,
- la difficulté d'obtenir rapidement de l'exploitant une liste sur la nature et la quantité des substances chimiques impliquées.



Extension de l'incendie à plusieurs bâtiments

- ✓ Concernant les mesures mises en place dans le cadre de la reconstruction :
- la stabilité de la structure béton au feu 2 h pour les murs et charpentes,
  - le cloisonnement de chaque bâtiment pour isoler les matières premières de la partie formulation et conditionnement, ainsi que de la partie stockage des produits finis, par des murs coupe feu 2 h avec dépassement en toiture de 1 m minimum,
  - l'extinction automatique secourue, par mousse haut foisonnement pour chacune des cellules ainsi constituées,
  - l'asservissement des portes coupe-feu à la détection incendie,
  - la mise en place de dispositifs anti-intrusion.
  - La mise en place d'un poste de secours électrique.

# Émissions d'éthylène à l'atmosphère

## Le 21 juillet 2005 et le 21 septembre 2005

### Saint-Avold – [Moselle]

### France

Pétrochimie  
 Polyéthylène  
 Ethylène  
 Disque de rupture  
 Encrassement / colmatage  
 Défaillance matérielle  
 Organisation / défaut de maintenance

## LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

### Le site

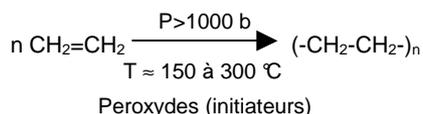
L'établissement, implanté à SAINT-AVOLD en Moselle, est intégré au sein d'une vaste plate-forme industrielle de plus de 340 hectares, créée en 1954 et regroupant diverses activités liées aux secteurs de la chimie et de la pétrochimie. L'activité pétrochimique de cet établissement a été développée au cours des années 60 avec notamment en 1969 le démarrage d'un premier vapocraqueur et d'un atelier de fabrication de polyéthylène.

Avec 900 salariés en 2006, ses activités s'étendent aujourd'hui des produits pétrochimiques de base (éthylène, propylène, benzène, styrène) aux plastiques de grande consommation (polyéthylène et polystyrène).

Cet établissement intègre de nombreuses installations soumises à autorisation avec servitude. Il est classé « SEVESO » seuil haut en raison des quantités de substances dangereuses fabriquées et mises en œuvre (substances inflammables et / ou toxiques).

### L'unité impliquée

L'unité impliquée est une unité de fabrication en continu de polyéthylène basse densité (PEbd). Elle est constituée de 3 lignes de fabrication pour une capacité totale de 765 tonnes de PEbd par jour. Le procédé mis en œuvre est un procédé de polymérisation radicalaire de l'éthylène sous haute pression :



Compte-tenu du caractère exothermique de cette réaction et du fait de l'extrême inflammabilité de l'éthylène, cette unité constitue un potentiel de danger particulièrement important.

Le déroulement simplifié de la réaction est le suivant (cf. figure 1) : la polymérisation de l'éthylène s'effectue dans un réacteur sous une pression constante comprise entre 1 000 et 2 200 bar et à des températures comprises entre 150 et 300 °C. La régulation de la pression est réalisée par une vanne située à la sortie du réacteur ; cette vanne assure également l'extraction du mélange réactifs / polyéthylène. Ce mélange entre ensuite dans le séparateur du circuit Retour Moyenne Pression (RMP) où il y a séparation en deux phases (environ 20 % de polymères et 80 % d'éthylène car le taux de conversion de la réaction est de l'ordre de 20 %). Le polyéthylène soutiré à la partie inférieure est envoyé vers la trémie haute puis basse pression. De l'éthylène est aussi entraîné avec la phase polymère.

La fraction la plus importante, l'éthylène qui sort en partie supérieure, est recyclée après refroidissement par le circuit RMP à l'aspiration du compresseur secondaire.

Les bas polymères (graisses) sont extraits lors du refroidissement de l'éthylène recyclé dans les retours moyenne pression. Ces polymères sont piégés dans des capacités (bouteilles à graisse) qui sont purgées les unes après les autres vers la trémie à graisse. Les graisses peuvent ensuite être soutirées ou réinjectées vers la trémie basse pression.

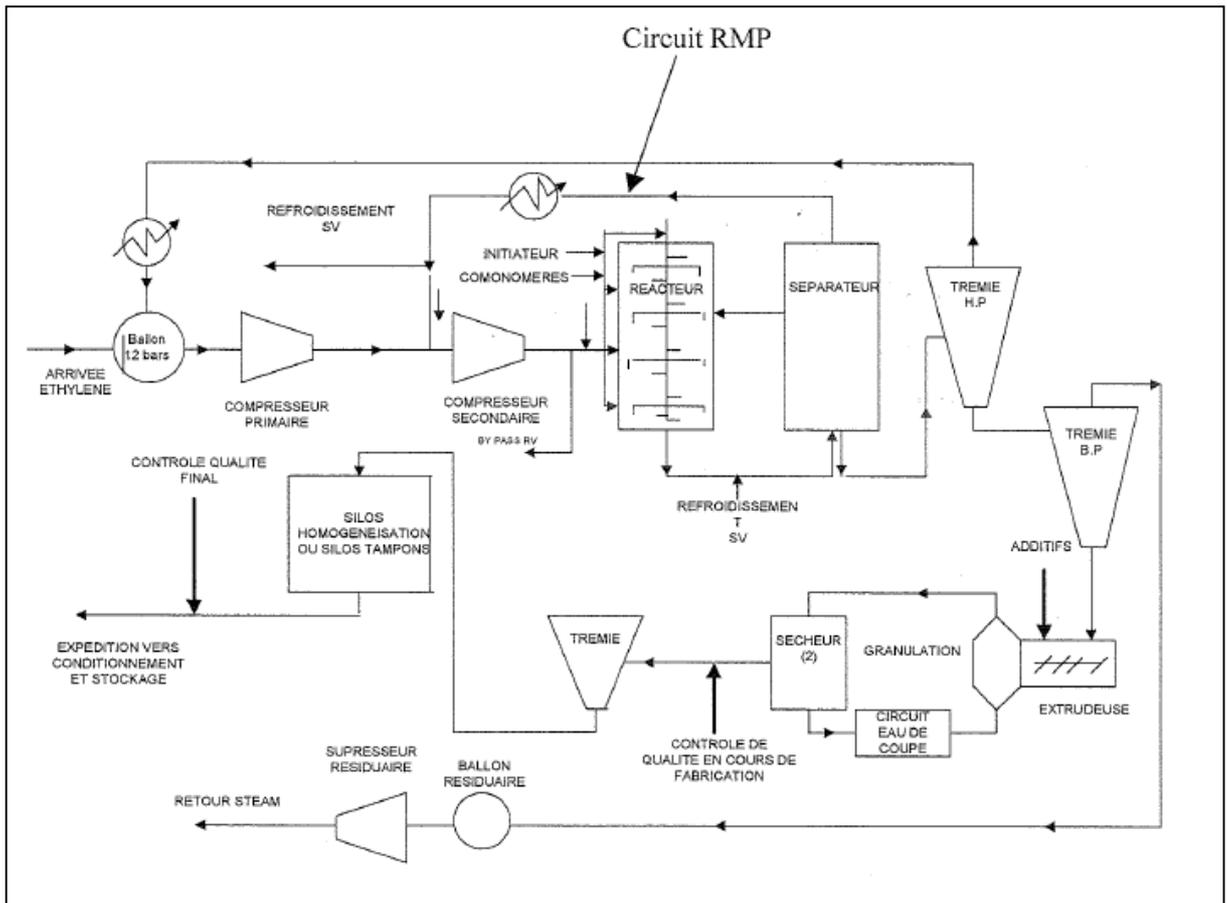


Figure 1 : Schéma simplifié du procédé

## LES ACCIDENTS, LEUR DÉROULEMENT, LEURS EFFETS ET LEURS CONSÉQUENCES

### 21 juillet 2005 : rupture d'un disque conduisant à l'émission de 3,2 t d'éthylène à l'atmosphère

#### L'accident :

Le 10 juillet 2005, une fuite est détectée sur la vanne de soutirage d'une bouteille à graisse du circuit RMP de la ligne 42 de l'atelier ; la bouteille est mise sous froid et n'est plus utilisée dans l'attente de l'intervention des équipes d'exploitation et de maintenance. La réparation a lieu le 20 juillet : la ligne est arrêtée à 4h pour réaliser ces travaux puis redémarrée le jour même vers 18 h.

Le 21 juillet, le compresseur primaire déclenche à deux reprises à la suite d'un défaut détecté sur le circuit de lubrification du compresseur. Peu après le redémarrage de la ligne après le second déclenchement du compresseur, la mesure de pression à l'entrée du compresseur secondaire indique une valeur supérieure à 300 bar alors qu'une soupape au refoulement du compresseur primaire aurait dû s'ouvrir à partir de 284 bar. De plus la mise en repli automatique du compresseur primaire prévue à partir de 270 bar, ne s'effectue pas. Constatant une montée anormale en pression, l'opérateur passe en mode manuel pour la réduire. Mais il est trop tard : la pression monte rapidement jusqu'à 310 bar entraînant la rupture du disque qui protège cette partie d'installation (RMP) et l'émission de 3,2 tonnes d'éthylène à l'atmosphère.

#### Les conséquences :

Cet événement n'a pas eu d'impact sur les personnes ou sur l'environnement. En effet, le disque de rupture est collecté vers une cheminée de 20 mètres de hauteur. Le nuage s'est donc rapidement dispersé. Les modélisations de dispersion réalisées par l'exploitant montrent d'une part que le nuage ne retombe pas au sol, et d'autre part que ses limites d'inflammabilité s'éloignent de quelques mètres de la cheminée ; concernant les risques d'explosion du nuage, les

simulations montrent que la masse explosive dans le nuage d'éthylène est trop faible (6 à 7 kg) pour engendrer une explosion dans un milieu non confiné.

### Echelle 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', l'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants, compte-tenu des informations disponibles.

Matières dangereuses relâchées		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>

La quantité d'éthylène émise à l'atmosphère a été évaluée à 3,2 tonnes. Le seuil de classement haut associé aux gaz extrêmement inflammables est fixé à 50 tonnes. Le paramètre Q1 est donc coté à 3 ( $3,2 \times 100/50=6,4\%$ ).

L'incident n'a entraîné aucune conséquence humaine, sociale ou environnementale. Les conséquences économiques étaient inférieures au seuil de classement.

### 21 septembre 2005 : rupture d'un disque conduisant à l'émission de 1,4 t d'éthylène à l'atmosphère

#### L'accident :

Le 21 septembre 2005 à 6h15, la ligne 41 de l'unité Polyéthylène est arrêtée pour des travaux de maintenance programmés dans la journée. Selon la procédure d'arrêt en vigueur, le réacteur est rincé selon une séquence automatique consistant à le purger trois fois. Chaque purge (ou balayage) est réalisée en deux phases :

- gonflage du réacteur à l'éthylène à 600 bar avec le compresseur secondaire,
- dégonflage vers le circuit RMP.

Lors du dégonflage du premier balayage, un disque de rupture s'ouvre sur la bouteille à graisse du circuit RMP, conduisant à l'émission de 1,4 tonne d'éthylène à l'atmosphère.

#### Les conséquences :

Comme pour l'évènement du 21 juillet, cet accident n'a pas généré d'impact sur l'environnement ni sur les personnes (dispersion rapide en hauteur et quantité relâchée inférieure à celle du 21/07).

### Echelle européenne des accidents industriels

L'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants :

Matières dangereuses relâchées		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

La quantité d'éthylène émise à l'atmosphère a été évaluée à 1,4 tonne. Le seuil de classement haut associé aux gaz extrêmement inflammables est fixé à 50 tonnes. Le paramètre Q1 est donc coté à 3 ( $1,4 \times 100/50=2,8\%$ ).

L'incident n'a entraîné aucune conséquence humaine, sociale ou environnementale. Les conséquences économiques sont inférieures au seuil de classement.

## **L'ORIGINE, LES CAUSES ET LES CIRCONSTANCES DES ACCIDENTS**

---

### **21 juillet 2005 : rupture d'un disque conduisant à l'émission de 3,2 t d'éthylène à l'atmosphère**

Les diverses investigations menées ont montré que deux dysfonctionnements ont été nécessaires et suffisants pour que la montée en pression au refoulement du compresseur primaire dépasse 310 bars et conduise à la rupture du disque protégeant cette section :

- La mise en repli du compresseur primaire prévue à 270 bar n'a pas fonctionné. En effet, la jauge de régulation de la montée en pression était partiellement bouchée conduisant ainsi à une mesure prise en compte par le régulateur inférieure à la pression réelle. L'opérateur, constatant une montée anormale de la pression dans l'unité, bascule la conduite du compresseur primaire en mode manuel afin de réduire la pression. Ce passage en mode manuel rend la mise en repli automatique du compresseur inactive.
- La soupape théoriquement tarée à 284 bar ne s'est pas ouverte à cette pression. Ce dysfonctionnement fait suite à une intervention de maintenance durant laquelle la procédure de remplacement des soupapes n'a pas été respectée, conduisant à la mise en place d'une soupape non conforme (pression de tarage > 310 bar).

A ces deux dysfonctionnements s'ajoute un facteur aggravant de la cinétique de montée en pression. En effet, les analyses effectuées tendent à démontrer que la montée en pression a été aggravée par un encrassement anormalement élevé de la section RMP dû à plusieurs jours de fonctionnement sans purge des graisses.

Il convient de noter que le disque de rupture a joué efficacement son rôle de protection de l'équipement.

### **21 septembre 2005 : rupture d'un disque conduisant à l'émission de 1,4 t d'éthylène à l'atmosphère**

Le lâcher de disque est survenu à la suite d'une montée en pression dans le circuit RMP lors d'une phase de rinçage du réacteur à la suite d'un arrêt programmé pour maintenance. Le démontage des équipements en vue du remplacement du disque de rupture qui s'est rompu a révélé que les clapets anti-retour du circuit RMP étaient colmatés avec des graisses. En effet, lors de l'arrêt de la production puis lors du rinçage, les variations de pression et de débit dans le circuit RMP ont déplacé des graisses qui se sont accumulées sur les clapets anti-retour jusqu'à les boucher.

La présence d'une quantité plus importante de graisses que la normale est liée, pour cette ligne 41 à l'introduction de comonomères, nécessaire à l'obtention de certaines qualités de polyéthylène fabriqué.

## **LES SUITES DONNÉES**

---

### **21 juillet 2005 : rupture d'un disque conduisant à l'émission de 3,2 t d'éthylène à l'atmosphère**

Plusieurs dispositions ont été imposées à l'exploitant par voie d'arrêté préfectoral complémentaire :

- modification des conditions de mise en repli du compresseur primaire pour que cette mise en repli soit active tant en mode automatique qu'en mode manuel,
- redondance de la mesure de pression déclenchant la mise en repli,
- intégration de la procédure de changement des soupapes dans le processus de formation et d'habilitation,
- formalisation des règles d'utilisation des bouteilles à graisse pour d'éviter l'encrassement des lignes. Par ailleurs, il a été demandé à l'exploitant de compléter son étude de dangers par l'analyse des causes et conséquences de l'encrassement des sections RMP.

## 21 septembre 2005 : rupture d'un disque conduisant à l'émission de 1,4 t d'éthylène à l'atmosphère

Une réflexion sur la technologie des clapets anti-retour utilisés a été nécessaire pour réduire la probabilité d'accumulation des graisses au niveau de ces équipements. Cette étude a conduit à la suppression de ces équipements à la suite d'une analyse des risques démontrant que leur enlèvement n'entraîne aucune dégradation du niveau de sécurité. Ces clapets anti-retour avaient initialement été mis en place pour assurer une fonction de sécurité.

Par ailleurs, le bon ramonage de l'installation ayant un impact sur la sécurité, une formalisation de la nature et de la périodicité des ramonages à réaliser a été effectuée. Ces opérations sont désormais contrôlées et enregistrées. Des indicateurs de performance ont été définis pour vérifier l'efficacité des ramonages.

Ces dispositions ont été actées par arrêté préfectoral complémentaire.

## **LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS**

---

Le premier incident a été un signal précurseur du risque lié à l'encrassement des lignes par les graisses. Le second survenu peu après n'a fait que confirmer ce risque en mettant également en exergue que des équipements initialement mis en place pour assurer une fonction de sécurité, peuvent aussi être à l'origine d'incidents. Ces deux événements montrent la nécessité de mener une analyse des risques, y compris pour l'installation d'équipements dits de sécurité afin que ces derniers n'apportent pas des risques supplémentaires plus importants que ceux contre lesquels ils sont censés prévenir.

La mise en place de dispositifs de sécurité doit donc être réfléchie et faire l'objet d'analyses de sécurité comme toute modification apportée à une installation dangereuse, notamment pour celles classées SEVESO Haut.

Par ailleurs, ces deux incidents illustrent :

- que le passage en mode manuel d'une action automatisée peut conduire à inactiver une mise en sécurité automatique.
- que le remplacement d'organes de sécurité « ultime » du type soupape ou disque de rupture doit faire l'objet d'une application rigoureuse de consignes claires et pragmatiques.

# Émission de bichlorure de soufre et de chlorure d'hydrogène

Le 26 avril 2006

Catenoy – [Oise]  
France

Chimie fine  
Distillation  
Capteur de pression  
Vanne de régulation  
Conception / dimensionnement  
Consignation / déconsignation

## LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

### Le site

L'établissement chimique élabore des intermédiaires entrant dans la synthèse d'anti-oxydants, destinés à la formulation de produits industriels et grand public pour en améliorer les performances (matières plastiques, câbles électriques, aliments, ...)

Le site, qui emploie une centaine de personnes, met en œuvre des réactions d'alkylation de composés phénoliques par de l'isobutène puis de pontage des molécules obtenues par sulfuration au bichlorure de soufre. Les colonnes de distillation utilisées dans ces ateliers, qui présentent de 20 à 40 plateaux théoriques, peuvent fonctionner sous vide jusqu'à des températures de 250 °C. Le matériel de production comprend notamment une dizaine de réacteurs de 6 à 26 m<sup>3</sup>.

L'établissement relève du régime de l'Autorisation avec Servitudes (AS) en particulier pour le stockage de bichlorure de soufre ; le dernier arrêté préfectoral en réglementant l'exploitation date du 30 août 1996.

### L'unité impliquée

L'unité de distillation de bichlorure de soufre (SCl<sub>2</sub>) impliquée dans l'accident est constituée :

- d'un bouilleur de capacité de 150 kg ;
- d'une colonne de distillation de 300 mm de diamètre composée de deux étages de 1,5 m de haut chacun ;
- d'équipements de régulation (vanne d'alimentation vapeur, vanne d'alimentation SCl<sub>2</sub> ...)
- d'équipements de sécurité (automate process, capteurs de pression et de température, pressostat, ...).

Le mélange de bichlorure et de monochlorure de soufre livré sur le site est enrichi en bichlorure par distillation en continu ; il est ensuite stabilisé au trichlorure de phosphore (PCl<sub>3</sub>) avant transfert vers les installations de sulfuration et de synthèse du TBM6 [2,2'-thiobis (3-méthyl 6-tertiobutyl phenol) ou 2,2'-thiobis(6-tertiobutyl metacrésol)].

L'opérateur qui suit la distillation du bichlorure brut, est chargé de :

- contrôler régulièrement l'installation
- relèver les paramètres nécessaires à la production
- régler l'ouverture de la vanne de soutirage du bichlorure distillé pour maintenir la stabilité des températures sensibles de la colonne et assurer un débit régulier de soutirage de bichlorure distillé.



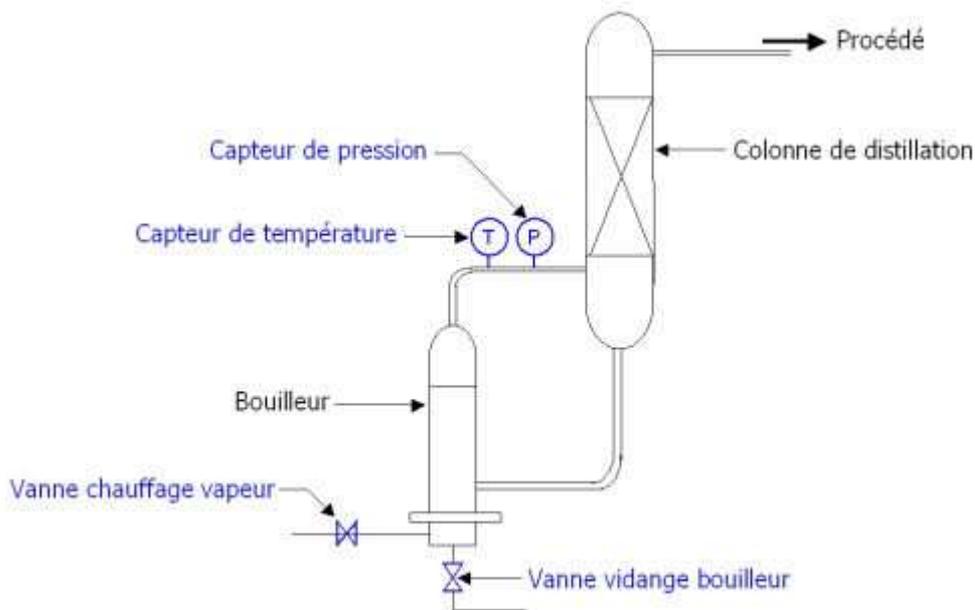
Tour de distillation

Sources : DRIRE Picardie

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

### L'accident

Le 26 avril 2006, l'installation de bichlorure de soufre fonctionne normalement.



**Bouilleur**

Sources : DRIRE Picardie

A 7h50, une surpression de 108 mbar est enregistrée à la sortie du bouilleur contenant le bichlorure de soufre. L'installation est alors automatiquement placée en repli sur sécurité de pression haute (seuil = 100 mbar). Les vannes d'alimentation en bichlorure de soufre et de régulation de la vapeur de chauffage se ferment et la pompe de circulation du monochlorure de soufre s'arrête.

En l'absence de chauffe, l'installation refroidit (température en sortie de bouilleur de 28 °C à 9 h) mais le capteur de pression sur la canalisation de jonction du bouilleur et de la colonne de distillation indique toujours une pression élevée. Les investigations montreront que ce capteur était défaillant ; un ordre de travail demandant le remplacement du capteur à l'identique est donc rédigé par le responsable de l'atelier.

A 11h30, installation toujours à l'arrêt (consigne de chauffe à 0 %, vannes fermées), le technicien de maintenance relève que la vidange du bouilleur est impossible alors qu'il s'apprête à démonter le capteur de pression en place.



**Piquage en sortie de bouilleur** (Sources : DRIRE Picardie)

- 1 : capteur de température
- 2 : capteur de pression

Il constate par ailleurs que le capteur de pression ne peut être dissocié de sa vanne d'isolement, la boulonnerie de raccordement étant grippée. Ne pouvant pas démonter en force cette partie de l'installation sans risquer une rupture de l'interface métal/verre, le technicien dépose l'ensemble, provoquant ainsi une mise à l'air de l'installation par l'intermédiaire du piquage (DN 25) du capteur.

A 11h50, une émission de chlorure d'hydrogène (HCl) est observée dans l'atelier de distillation.

A 12h05, l'alerte est déclenchée après l'actionnement de 3 points de déclenchement d'alarme. Deux rideaux d'eau sont mis en service autour de la colonne.

A 12h20, le POI de l'établissement est déclenché et une évacuation du site est décidée conjointement à la mise en œuvre d'un troisième rideau d'eau.

A 12h25, deux équipiers de seconde intervention, aidés d'un troisième

intervenant, ferment l'arrivée de vapeur.

Les services de secours extérieurs interviennent sur le site à 12h40.

Le POI est désactivé à 13h30, après retour à une situation normale et réalisation d'une série de mesures atmosphériques.

### Les conséquences

- Conséquences environnementales

Aucune conséquence environnementale directe n'est relevée. Les mesures atmosphériques en chlorure d'hydrogène réalisées à l'extérieur du site ne mettent pas en évidence de pollution accidentelle avérée ; seule une teneur de 50 ppm est enregistrée dans la colonne à distiller.

Les 150 m<sup>3</sup> d'eau utilisés par les rideaux d'eau déployés pour l'abattage du nuage acide sont récupérés (pH = 7) pour être distillés et recyclés dans le process.

- Conséquences humaines

Les trois employés ayant pénétré dans le bâtiment lors de l'intervention, victimes d'irritations, sont hospitalisés moins de 24 h.

- Activité et conséquences économiques

L'activité en aval de la distillation du bichlorure de soufre, à savoir la synthèse du TBM6, est arrêtée pendant 18 jours. La perte d'exploitation est évaluée à 270 k€.

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

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont disponibles à l'adresse <http://aria.ecologie.gouv.fr>

Le bichlorure de soufre et le chlorure d'hydrogène étant des matières nommément désignées dans la directive Seveso avec des seuils respectifs de 1 t et 250 t, l'indice "matières dangereuses relâchées" est au moins égal à 1 (paramètre Q1).

Trois employés ayant été hospitalisés moins de 24 h, l'indice "conséquences humaines et sociales" est égal à 1 (paramètre H5).

Les pertes d'exploitations internes liées à l'accident étant inférieures à 0,5 M€, l'indice "conséquences économiques" est égal à 1 (paramètre €16)

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

Différentes investigations sont menées sur le procédé, les produits et les modalités de l'intervention pour déterminer les causes de l'accident.

Les tests effectués sur la partie électrique du capteur défaillant montre que ce dernier a fonctionné normalement lors de l'accident. La dérive de la mesure de pression résulte très vraisemblablement de dépôts d'impuretés solides sur la membrane du capteur (PCl<sub>5</sub>, soufre ...).

L'arbre des causes réalisé par l'exploitant, soumis à l'examen critique d'un tiers expert, révèle la combinaison de plusieurs événements initiateurs indésirables :

- ↪ **présence de 150 kg de bichlorure de soufre dans le bouilleur pendant l'intervention de maintenance (défaut de consignation)** : la présence de ce potentiel de danger lors de l'intervention résulte de la vidange impossible du bouilleur à cause du bouchage de la vanne de fond. L'analyse conclut à l'existence de débris de verre (défaillance de la fixation du disque de soutien du garnissage) mêlés à des dépôts de produits (bichlorure de soufre de mauvaise qualité) à l'origine du colmatage ;
- ↪ **reprise de la chauffe du bouilleur** : lors de la détection du niveau de pression haute (> 100 mbars), la vanne de régulation de vapeur chauffant le contenu du bouilleur est fermée par l'automate de conduite du procédé. La déconnexion du capteur lors de son remplacement induit une transmission du signal à une valeur de -25 mbar, commandant ainsi la rouverture de la vanne de régulation vapeur et la reprise de la chauffe du bouilleur ;
- ↪ **piquage du capteur de pression ouvert** : la corrosion de la boulonnerie de la vanne d'isolement du capteur de pression ayant rendu celle-ci solidaire de la tuyauterie de fixation, les opérateurs ont démonté l'ensemble vanne/capteur pour ne pas risquer une rupture à l'interface métal/verre. Cette intervention conduit au non respect de l'ordre de travail initial.

Un arbre des causes de l'accident figure en annexe.

## LES SUITES DONNÉES

---

### Les suites techniques

Plusieurs mesures immédiates sont prises par l'exploitant pour sécuriser l'unité de distillation de bichlorure de soufre :

- ↪ **renforcement de la procédure consignation / déconsignation** sur les installations critiques, rappel des règles et responsabilités attenantes et définition d'une check-list pour les opérations « courantes » ;
- ↪ **remplacement du capteur de pression** par un capteur de même technologie ;
- ↪ **nettoyage complet des installations** : neutralisation des traces acides à l'extérieur de l'équipement et nettoyage des résidus colmatants à l'intérieur de l'installation ;
- ↪ **contrôle de fonctionnement de l'installation et des asservissements** ;
- ↪ **modification du montage vanne de barrage / capteur de pression.**

A moyen terme, l'exploitant met en place les mesures de sécurité suivantes :

- ↪ réalisation d'un **formulaire pré-rempli de consignation chimique** en cas d'intervention au niveau de la colonne de distillation, pour encadrer les défauts de consignation de l'installation ;
- ↪ **resserrage des fixations des plateaux** de support du garnissage de la colonne de distillation et **arrêt**, après échange avec le fournisseur, **de la stabilisation du bichlorure de soufre avec du PCI<sub>5</sub>** pour réduire ou supprimer la génération de débris de verre et les dépôts de produits ;
- ↪ mise en place d'une **boucle à sécurité positive** (pressostat en tête de colonne, relais de sécurité et vanne TOR en amont de la vanne régulation vapeur) **indépendante de la régulation** interdisant tout redémarrage automatique après franchissement du seuil de pression haute (réarmement manuel obligatoire) ;
- ↪ **formalisation de la procédure de test** des points de déclenchement des alarmes.
- ↪ **définition des modalités de distillation du bichlorure de soufre, en situation normale et dégradée** : description des actions à prendre en cas de surremplissage de la cuve de stockage de bichlorure de soufre, de redémarrage de l'installation après un arrêt et/ou une intervention ;
- ↪ **étude des écarts envisageables et des risques induits dans chaque phase du processus** de dépôtage et distillation du bichlorure.

A plus long terme, des actions complémentaires sont planifiées, en l'occurrence :

- ↪ **refonte de la procédure de demande de travail** pour clarifier les rôles et responsabilités des intervenants ;
- ↪ intégration du resserrage des fixations des plateaux de la colonne dans le **programme de maintenance** ;
- ↪ mise en place d'une **redondance du système de sécurité** mettant l'installation en sécurité sur seuil de pression haute ;
- ↪ **modification du montage des capteurs de pression** sur la tuyauterie sans vannes d'isolement.

Finalement, l'exploitant prévoit d'améliorer le niveau de sécurité global de la colonne à distiller par la mise en place :

- ↪ d'un **second ensemble de sécurité** de type SIL2 redondant et à sécurité positive ; (SIL : Safety integrity level - caractérise la qualité de la chaîne de sécurité).
- ↪ de **capteur de pression et pressostat montés en « direct »** sur des tubulures en verre de DN50 pour éviter tout risque de bouchage. Ce système actionnera la mise en sécurité de l'installation à partir d'un nouvel automate de sécurité et de **4 nouvelles vannes automatiques dédiées**, dont celle de vapeur ;
- ↪ d'une **soupape tarée à 300 mbar** installée en tête de colonne et dimensionnée pour répondre au phénomène supposé maximaliste (ouverture au maximum de la vanne de vapeur du bouilleur) ;
- ↪ d'un **test de pression** de la colonne effectué à 300 mbar ;
- ↪ d'une **alarme reportée** sur le PTI de l'opérateur dédié au bichlorure de soufre.

L'ensemble de ces mesures représente un coût global évalué à 93 k€.

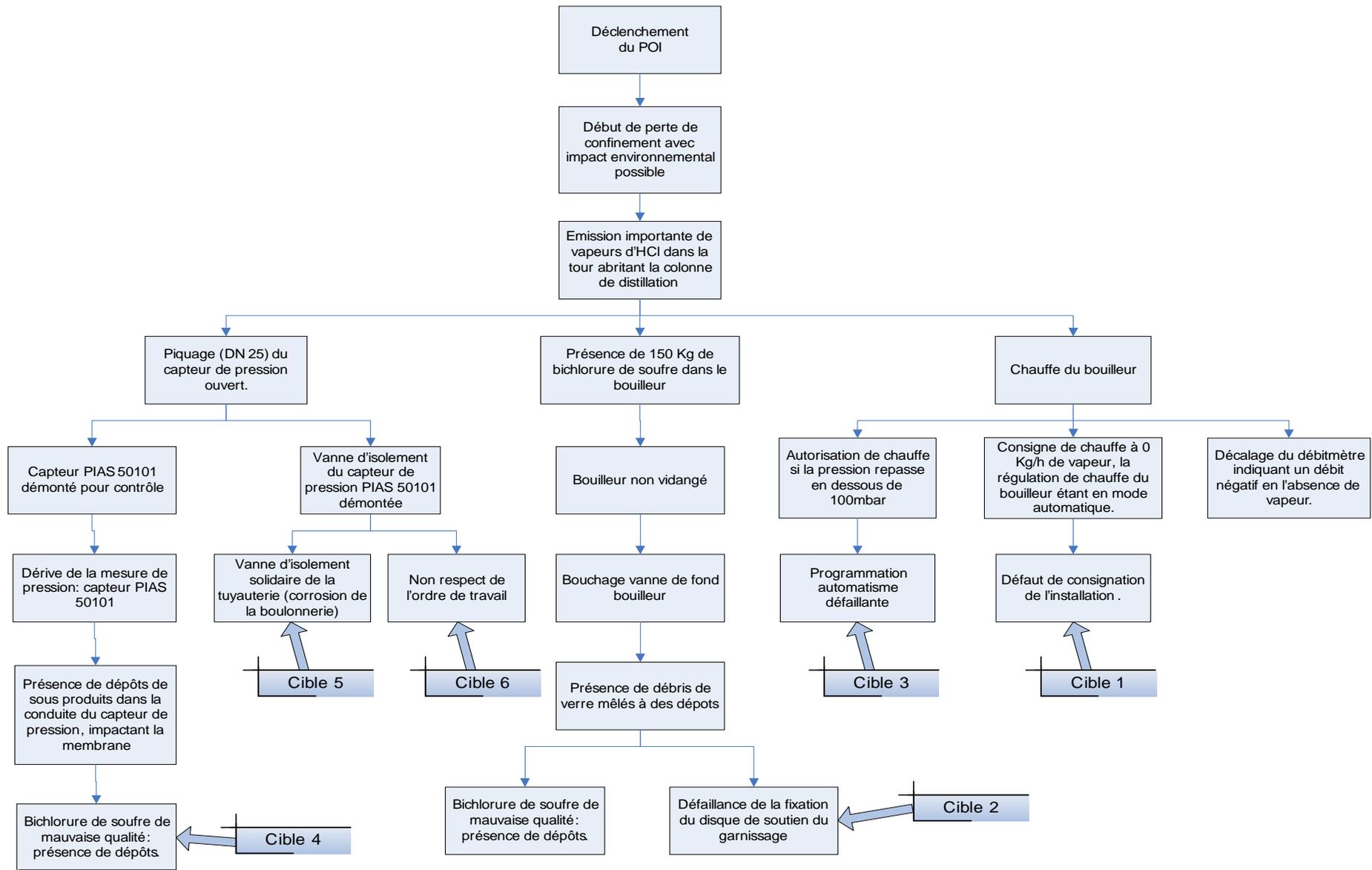
## **LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS**

Cet accident, survenu sur une installation non examinée dans l'étude de dangers, met en exergue les points suivants :

- ↪ l'intérêt de détecter, maîtriser et évaluer les conséquences de l'évolution de la nature des stabilisants et autres additifs ajoutés aux matières premières dangereuses (bichlorure de soufre) par les fournisseurs. Ces modifications peuvent être source d'événements initiateurs (cristallisation et colmatage dans ce cas) et d'accroissements des risques ;
- ↪ des événements a priori anodins pour le procédé et le fonctionnement normal tels que la présence de débris de verre du garnissage d'une colonne de distillation conjugués à l'absence de programme de maintenance sur les équipements de production (nettoyage du bouilleur) ou de sécurité (colmatage du capteur de pression), s'ils ne conduisent pas directement aux accidents, peuvent avoir des conséquences significatives sur la sécurité en modes dégradés ;
- ↪ une opération de maintenance (remplacement d'un capteur de pression), courante, inhabituelle ou exceptionnelle, doit faire l'objet d'une analyse de risque préalable complète, sous peine de créer les conditions nécessaires à la survenue d'un accident ou d'en aggraver les conséquences premières. S'agissant de substances sensibles, ces interventions doivent être suivies et réévaluées au gré des aléas de l'intervention ;
- ↪ l'efficacité et la fiabilité toutes relatives des modes opératoires et plus généralement des barrières organisationnelles (consignation/déconsignation) ;
- ↪ un système de régulation (vanne vapeur) d'un procédé ne constitue aucunement un système de sécurité et ne peut être retenu comme tel. En particulier les automates programmables de production répondent à une logique et des critères qui ne sont pas tous connus des équipes d'intervention et qui ne prennent pas forcément en compte les modes dégradés et les situations de consignation.
- ↪ l'importance du design des installations dès la conception (interface verre/métal) ;
- ↪ l'intérêt d'une analyse des risques et des modes de défaillances, ainsi que des barrières techniques et organisationnelles, aussi détaillées que possible, pour les différents modes de "fonctionnement".



ANNEXE : arbre des causes de l'accident du 26 avril 2006



## Rejet de GPL sur un poste de chargement wagon

Le 21 mars 2005

Donges - [Loire Atlantique]

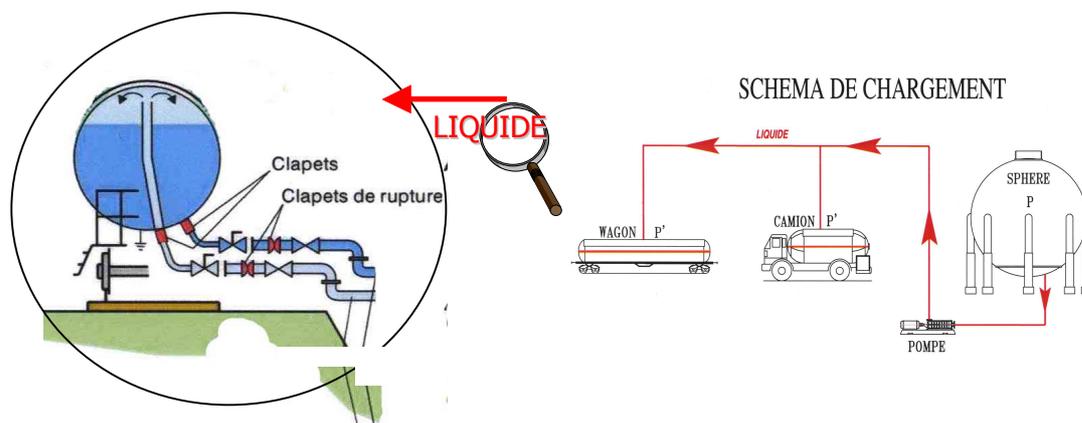
France

Rejet  
Centre emplisseur GPL  
Propane  
Bras de chargement  
Manchette  
Corrosion  
Sous-épaisseur  
Cale d'immobilisation

### LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

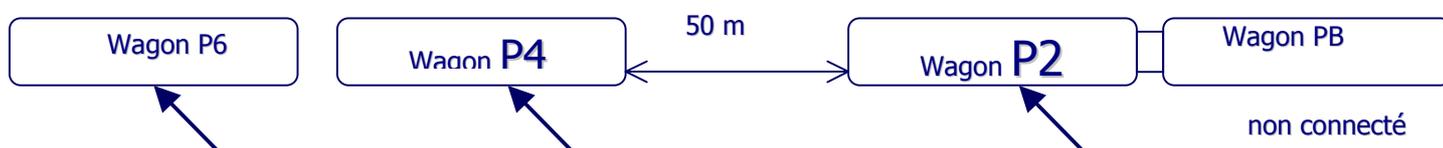
Le rejet survient au niveau du poste de chargement wagons d'un centre emplisseur de gaz de pétrole liquéfié (GPL) alimenté par une raffinerie située à proximité. L'activité du site repose essentiellement sur le chargement de camions, de wagons et l'emplissage de bouteilles à partir de 2 sphères (butane et propane).

Le chargement d'un wagon en propane s'effectue par le bras phase gazeuse (en pluie), selon le schéma suivant :



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

#### L'événement :



4 wagons sont présents aux postes de chargement. Le pompiste connecte le wagon P2 et commence le chargement.

Le wagon P4, situé à 50 m environ, est en fin de chargement. Le pompiste se déplace pour l'arrêter.

A son retour au wagon P2, il constate le déplacement de ce dernier et l'arrachement du bras de chargement.

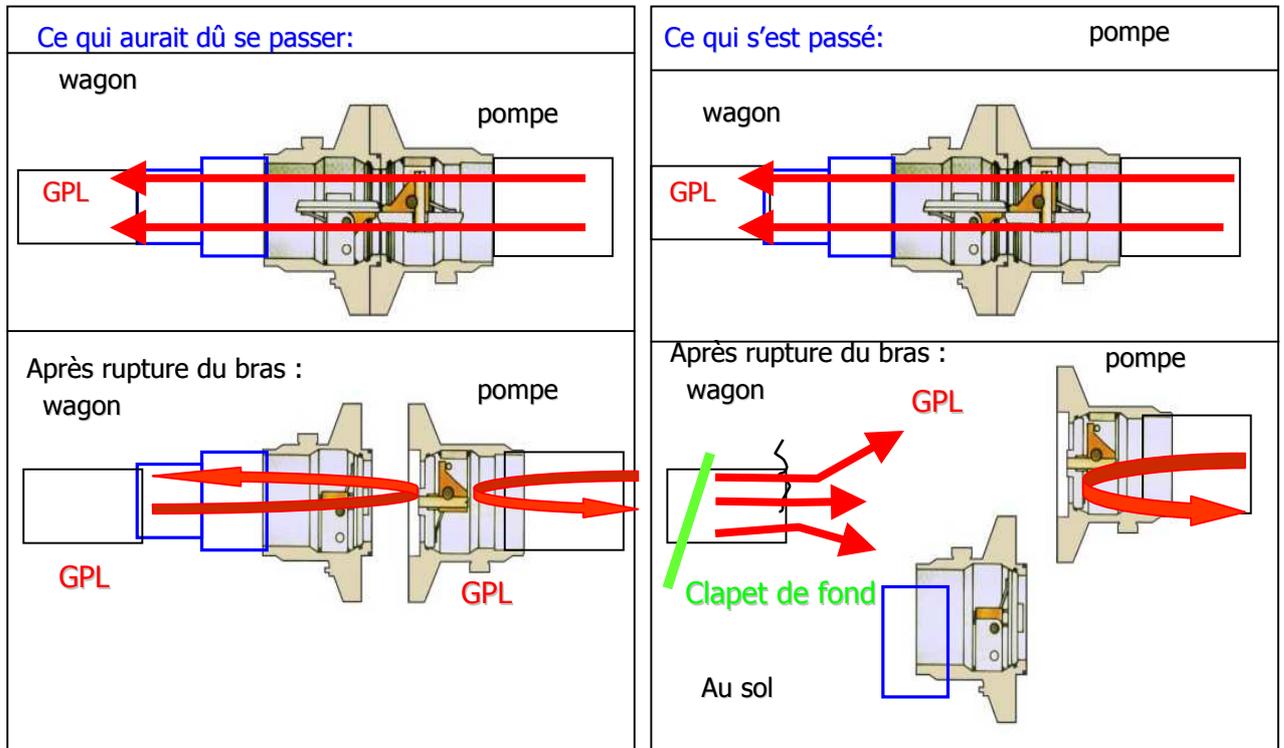
La voie légèrement en pente a favorisé le déplacement des 2 wagons attelés (P2 et PB), provoquant la rupture au niveau du filetage de la manchette terminale du bras de transfert côté wagon.

Le clapet de sécurité, côté poste de chargement, a fonctionné et permis l'arrêt de l'alimentation en gaz. Le clapet côté wagon n'a pu être efficace en raison du sectionnement de la manchette raccordée au wagon.

L'écoulement côté wagon a pu être interrompu par la fermeture du clapet de fond du wagon citerne.

**Les conséquences :**

L'incident n'a eu aucune conséquence sur le personnel présent. Environ 8 litres de propane liquéfié, correspondant au volume de la manchette qui s'est rompue, ont été libérés.



Côté wagon

La manchette sectionnée



Côté Pompe

Le clapet retrouvé au sol

Le clapet fermé

## Echelle 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', l'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants, compte-tenu des informations disponibles.

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

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>

Le niveau 1 pour les quantités de matières dangereuses émises est dû à l'émission de 8 litres de propane liquéfié (paramètre Q1).

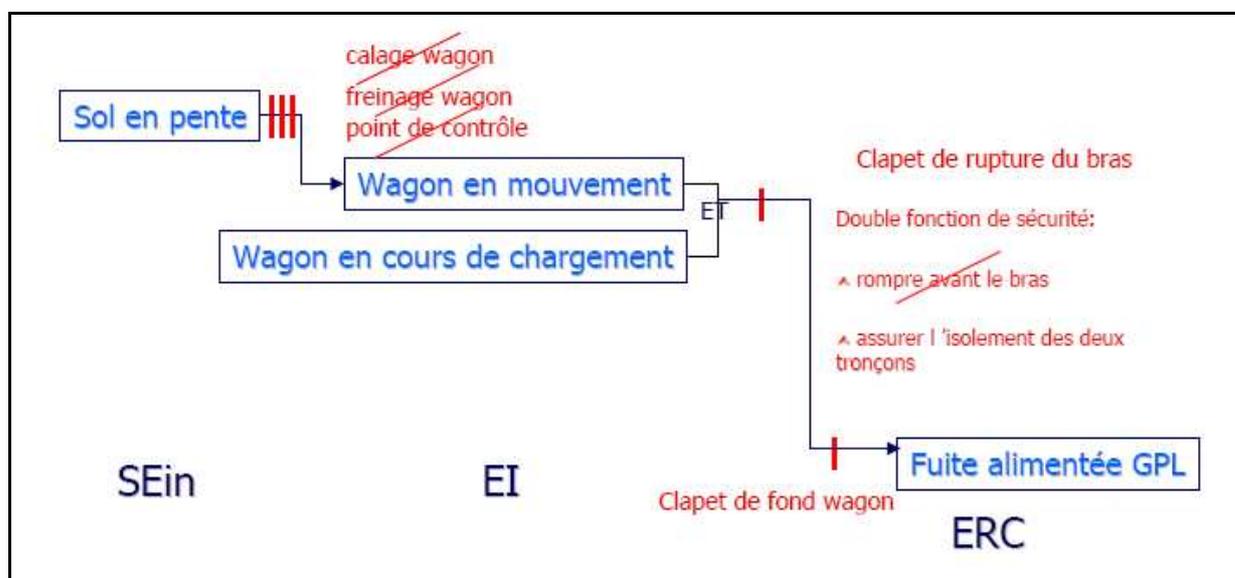
## L'ORIGINE, LES CAUSES ET LES CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

Les investigations menées après l'accident ont montré que le rejet de GPL était consécutif à une succession de défaillances de mesures de maîtrise des risques (voir schéma ci-dessous).

Ainsi, le système de freinage des wagons n'était pas utilisé, les cales avaient été oubliées et aucun contrôle n'était prévu avant le début des opérations de chargement.

De plus, la manchette s'est rompue côté wagon. L'expertise de cet élément révèle une épaisseur d'origine insuffisante et une corrosion importante.

Le clapet de fond du wagon et le clapet de rupture côté sphère ont fonctionné évitant d'une part la vidange complète de la citerne et d'autre part l'alimentation de la fuite .



## LES MESURES PRISES

---

Des actions ont été rapidement engagées suite à cet événement. Le chargement de wagons a été provisoirement arrêté dans l'attente des conclusions de l'analyse de l'accident et de la modification de la procédure de chargement.

Les principales mesures correctives adoptées portent sur:

- ✓ La remise en service du freinage pneumatique des wagons;
- ✓ Le remplacement des manchettes de tous les bras de chargement du site après expertise du bras accidenté;
- ✓ Un contrôle supplémentaire par un deuxième opérateur avant début des opérations de chargement;
- ✓ Une remise à niveau de la formation des opérateurs

## LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

---

Les principaux éléments de retour d'expérience tirés de cet événement sont les suivants :

- ✓ Un contrôle de deuxième niveau doit être prévu pour vérifier la bonne exécution des opérations manuelles sujettes à défaillance humaine (mise en place des cales, ...)
- ✓ Les équipements de sécurité peuvent être défaillants: une redondance de barrières techniques indépendantes les unes des autres doit être recherchée.

# Débordement d'un réservoir semi-enterré de carburacteur

Le 30 décembre 2005

**Sainte-Marie – [Réunion]**  
**France**

Débordement

Dépôts de liquides inflammables

Vannes

Carburacteur

Facteur humain et organisationnel

Pollution des sols

Détection de niveau

## LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

### Sites impliqués

Deux sites, implantés sur la commune de Sainte-Marie (Ile de la Réunion) sont impliqués :

#### 1. Dépôt d'hydrocarbures A

L'établissement a été créé en 1975 pour le stockage et la distribution de carburacteur (Jet A1) nécessaire à l'exploitation d'un complexe aéroportuaire. Il emploie 14 salariés.

Le site comporte 2 réservoirs aériens et un réservoir enterré, ainsi qu'un poste de déchargement de camions citerne. La livraison du Jet A1 aux avions se fait par un oléoréseau enterré depuis le dépôt A jusqu'au tarmac de l'aéroport, relié aux avions par des oléoserveurs lors de l'avitaillement, ou par camion avitailleur pour de petites quantités.

Cet établissement est une installation classée soumise à autorisation. Il est classé « SEVESO » seuil bas pour les produits mis en œuvre. Le dernier arrêté préfectoral autorisant cet établissement date du 10 octobre 1990.

#### 2. Dépôt d'hydrocarbures B

Les installations du dépôt B sont constituées de deux réservoirs semi-enterrés de carburant aéronautique construits entre 1977 et 1978. Ces bacs de stockage sont reliés par une canalisation enterrée au système de pomperie du dépôt A dont les installations de stockage, de chargement-déchargement et de distribution sont contiguës au site B.

Une convention a été établie entre les deux dépôts afin de laisser au dépôt A la responsabilité de l'exploitation des capacités du site B sous réserve du maintien d'un stock minimal. L'installation de transfert d'hydrocarbures entre les deux dépôts (canalisation + pompes) a été réglementée par un arrêté d'autorisation temporaire datant du 23 septembre 2004, lequel n'a pas été renouvelé.

### Les unités impliquées

Quatre unités sont concernées par l'accident :

- le réservoir R2 (540 m<sup>3</sup>) du dépôt A,
- le poste de déchargement camions,
- l'unité de transfert d'hydrocarbures entre les deux dépôts (2 pompes de 100 m<sup>3</sup>/h chacune),
- le bac SEA2 (1000 m<sup>3</sup>) semi-enterré du dépôt B.

L'accident a eu lieu lors de l'approvisionnement en carburant du dépôt A.

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

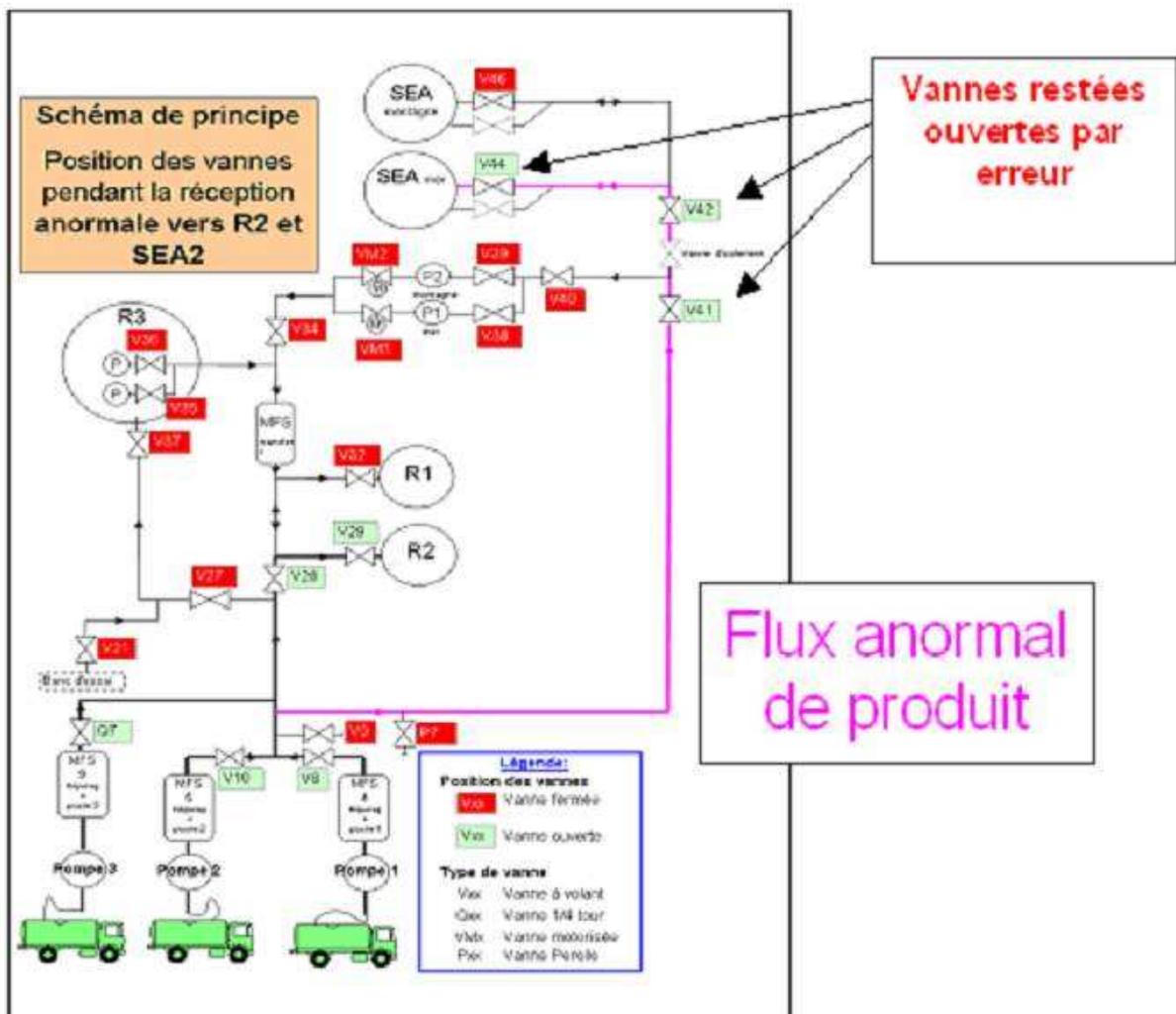
### L'accident :

Le **jeudi 29 décembre 2005**, le bac SEA2 du dépôt B est rempli par l'intermédiaire du dépôt A. A l'issue du remplissage, l'opérateur d'exploitation du dépôt A ne ferme pas les deux vannes de la canalisation d'interconnexion et la vanne d'alimentation du réservoir SEA2.

Le **vendredi 30 décembre**, un autre opérateur d'exploitation du dépôt A a pour consigne de remplir un des bacs aériens du dépôt A. Celui-ci ouvre les vannes permettant le remplissage du bac aérien R2 mais ne vérifie pas que les vannes manipulées la veille sont bien en position fermée. Les pompes de dépotage poussent le carburéacteur dans le bac aérien du dépôt A et dans le bac SEA2 du dépôt B.

Le dispositif de sécurité (détecteur de niveau haut alarmé) installé sur le bac SEA2 n'a pas fonctionné.

**Vers 8h30**, un opérateur du site B aperçoit du carburéacteur s'écoulant par les deux évents du bac SEA2 : un appel téléphonique est adressé au dépôt A afin de faire cesser le transfert. L'opération de dépotage est arrêtée immédiatement par action de l'arrêt d'urgence.

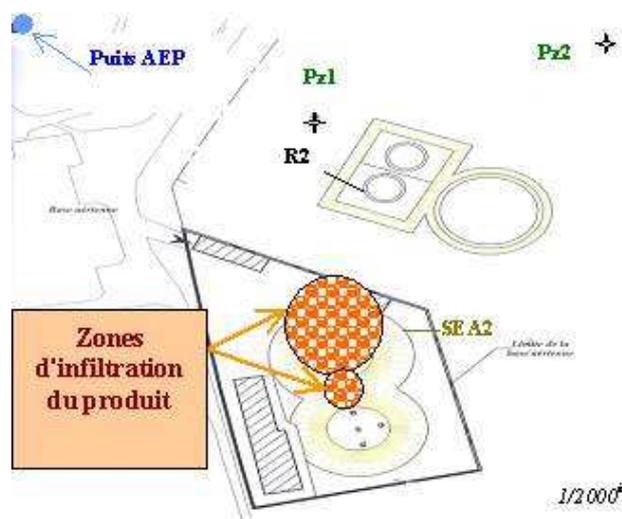


### Les conséquences :

Un volume estimé à 33 m<sup>3</sup> s'est répandu. Le produit s'est écoulé sur la surface recouvrant le bac enterré et s'est infiltré dans le sol, en dehors de la cuvette ainsi que sur le parking mitoyen dans la zone B. Ce parking est raccordé à un séparateur d'hydrocarbures qui s'est très rapidement saturé. Une centaine de litres d'hydrocarbures s'est alors écoulée dans le réseau d'eaux pluviales dont l'exutoire se situe en mer.

Entre 8h40 et 9h15, le personnel du dépôt A et du dépôt B procède à des bouchages de ce réseau d'eaux pluviales par du sable et autres dispositifs oléophiles. Toutefois, un opérateur du site B ayant constaté la présence de carburéacteur dans le réseau d'eaux pluviales réalise un rinçage à haut débit pour éviter tout risque d'incendie, entraînant sable et carburéacteur vers la mer (vers 9h30).

Le forage d'alimentation en eau potable, situé sur le terrain B, à environ 100-150 m en aval hydraulique du réservoir SEA2, est arrêté le matin même.



### 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', l'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants, compte tenu des informations disponibles.

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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences environnementales		<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>.

Avec 33 m<sup>3</sup> de carburéacteur relâché, le niveau de l'indice "matières dangereuses relâchées" s'élève à 2 (paramètre Q1).

Environ 1000 m<sup>2</sup> de sol ont nécessité un nettoyage spécifique ; soit un niveau 1 pour l'indice "conséquences environnementales" (paramètre Env 13).

Le coût des mesures de nettoyage et de réhabilitation de l'environnement est estimé à 800 000 €, soit un niveau 3 pour l'indice "conséquences économiques" (paramètre € 18).

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

L'incident d'exploitation ayant entraîné la pollution a comme origine une **succession d'erreurs humaines** dans les vérifications préalables à toute opération de remplissage de bac, **suivi d'une défaillance d'un dispositif de sécurité**.

### Concernant la succession d'erreurs humaines :

- ✓ l'opérateur du site A étant intervenu la veille de l'accident n'a pas procédé à la fermeture des vannes du SEA2 à l'issue du transfert,
- ✓ l'opérateur du site A responsable du déchargement des camions citerne n'a pas contrôlé l'état du réseau avant de débiter l'opération.

Des consignes d'exploitation pour les opérations de transfert ont été élaborées par le dépôt A en mai 2005 ; celles-ci ne prévoyaient aucune vérification à réaliser par l'exploitant du site B. Ces consignes ont fait l'objet d'une information répétée auprès du personnel du dépôt A. Toutefois, il est à noter que l'opération de remplissage des bacs du dépôt A est une opération très fréquente (plusieurs fois par jour) alors que l'opération de remplissage des bacs du dépôt B l'est beaucoup moins (deux fois par an). Les consignes susvisées n'ont pu être mises en pratique par tous les opérateurs du dépôt A, une seule opération de remplissage des bacs du dépôt B ayant eu lieu entre mai 2005 et le jour de l'accident. Du fait de la rareté de cette opération, les deux opérateurs en cause dans l'accident du 30 décembre 2005, ont oublié l'existence même du contrôle lié aux opérations de transfert. Aucune disposition particulière n'avait par ailleurs été mise en place par l'exploitant vis à vis des risques liés à cette opération exceptionnelle.

**Sur le plan organisationnel**, le détecteur de niveau haut, installé sur le bac du dépôt B n'a pas fonctionné suite à un défaut d'entretien : de nouveaux détecteurs de niveaux devaient être installés, ceux-ci ne l'étaient pas au moment des faits.

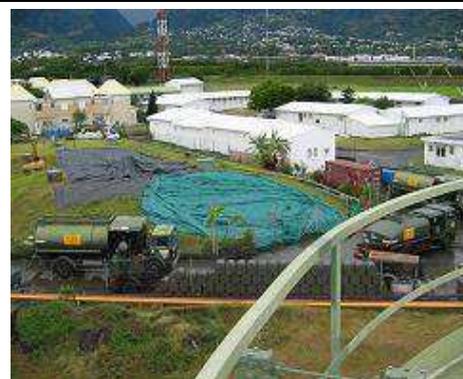
## LES SUITES DONNÉES

La saison des pluies ayant débuté, le bâchage du site a été réalisé dans les 24 heures qui ont suivi l'accident, le site étant situé en zone tropicale très pluvieuse.

A l'issue des opérations d'urgence consistant à l'arrêt de l'écoulement, au confinement du carburant, à l'arrêt du puits d'alimentation en eau potable, à la collecte des déchets et au nettoyage superficiel de la zone, les premières fouilles ont été entreprises afin de retirer au plus tôt les terres fortement polluées. Ceci a nécessité la mise à nu du cuvelage du réservoir, ainsi que sa vidange. Les terres souillées ont été stockées dans des bennes sur le site B, en attente de dépollution, et une première estimation de l'impact environnemental a été réalisée. Des recherches en vue de disposer et d'aménager un terrain pour le traitement de ces terres ont été entreprises.



▲ Fouille autour du bac SEA2  
Photo DR



▲ Zones d'infiltration du produit  
Photo DR

Dans l'attente de la validation de ces études, l'exploitation du puits de captage en eau potable a été suspendue et les terres souillées, encore en place ont été bâchées en prévision des pluies importantes de la saison cyclonique réunionnaise.

Un arrêté a prescrit les mesures de restauration à mettre en œuvre.

Au mois d'octobre 2006, les bennes de stockage des terres souillées ont été évacuées du parking du dépôt B, vers un site spécialement aménagé pour le traitement des terres. L'excavation des terres s'est poursuivie au droit de la zone polluée. Le traitement des terres polluées par bio-venting a débuté en décembre 2006. Environ 1000 m<sup>3</sup> de terres ont été excavés depuis le jour de l'accident.



▲ Remblaiement autour du bac SEA2



Photos DR

▲ Traitement des terres polluées

Parallèlement, la commune de Sainte-Marie a fait part de sa difficulté d'approvisionnement en eau suite à la fermeture du puits de captage situé sur le site B. Les analyses conduites par l'exploitant du dépôt A et validées par les autorités sanitaires montrent l'absence de pollution dans les eaux du puits. Le puits de captage AEP n'a cependant pas été remis en service depuis cet événement.

## LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

L'accident résulte d'une succession de dysfonctionnements des mesures de limitation des risques (2 erreurs humaines + 1 défaillance organisationnelle menant au dysfonctionnement du détecteur de niveau).

On peut retirer de cet accident plusieurs enseignements :

✓ Concernant le facteur humain :

- Une diminution de la vigilance des opérateurs lorsqu'ils répètent fréquemment la même action de contrôle à effectuer. Une succession d'opérateurs différents, chargés d'opérations de contrôle similaires peut augmenter le risque de négligence. La confiance "aveugle" en la vérification d'un collègue est dangereuse, même si elle facilite les relations et rend plus rapide les opérations. La vigilance doit toujours rester présente au cours d'un processus de contrôle.
- Une procédure ne permet pas de se prémunir de toute erreur humaine. La fiabilité d'une consigne d'exploitation - malgré sa diffusion auprès du personnel - reste peu élevée.
- La fréquence de réalisation d'une opération est à prendre en compte dans la formation et la diffusion des consignes d'exploitation aux opérateurs. Dans les petites structures, où il n'existe pas de vérificateur, il convient d'identifier toutes les opérations à risques, afin de déterminer celles qui nécessitent la mise en place de dispositifs passifs.
- La prise en compte du facteur humain est une étape nécessaire et cruciale.

✓ Concernant le facteur organisationnel, cet accident révèle - une fois encore - l'importance du contrôle et du maintien dans le temps de l'efficacité d'une mesure de réduction des risques.

D'autre part, des réflexions ont été engagées par les exploitants des dépôts A et B. Elles concernent :

- ✓ Le report d'alarme, dans chacune des structures, des organes de sécurité intervenants dans les opérations communes aux deux dépôts,
- ✓ La définition précise dans le protocole entre les opérateurs A et B des actions à entreprendre par chacun,
- ✓ La réalisation d'exercices de sécurité communs.

Depuis l'accident, aucune opération de transfert n'a été réalisée entre les 2 dépôts.

# Explosions suivies d'un incendie dans un dépôt pétrolier

Le 11 décembre 2005

## Buncefield– Royaume Uni

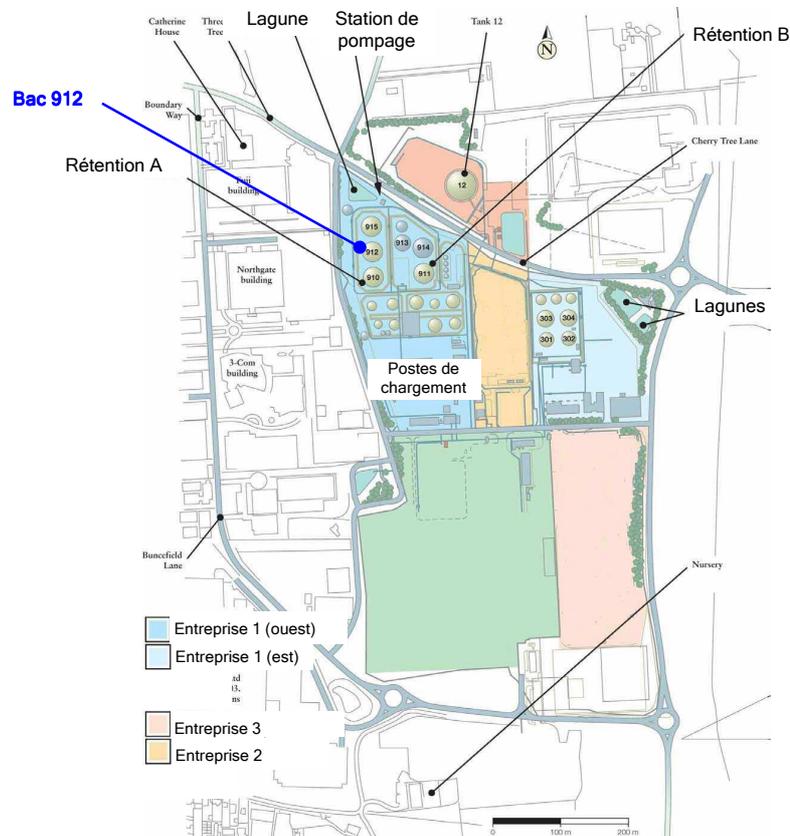
- Explosion
- Dépôt de liquides inflammables
- Essence
- Détection de niveau
- Vanne automatique
- Blessés
- Dommages matériels
- Effets transfrontières

### LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

Le site :

Le dépôt pétrolier de Buncefield, cinquième plus grand de Grande-Bretagne, est situé à 40 km au nord de Londres, près de Hemel Hempstead, dans le comté du Hertfordshire. Il stocke habituellement 150 000 t de carburants (essence, gasoil, kérosène) pour une capacité totale de 273 000 m<sup>3</sup>. Ce dépôt alimente notamment en kérosène, via un oléoduc, l'aéroport londonien de Luton et celui d'Heathrow, le plus grand d'Europe. Ces deux sites disposent aussi de solutions alternatives pour s'approvisionner.

Schéma 1. Schéma du dépôt de Buncefield



Source : Buncefield Investigation, Initial Report

Le dépôt pétrolier héberge trois entreprises (cf. Schéma 1) et compte trois pipelines d'approvisionnement et deux pour la distribution. Le site de l'entreprise sur laquelle l'accident s'est produit est composé de deux parties :

- La partie est comprend 7 réservoirs de gasoil et de kérosène, pour une capacité d'environ 26 000 m<sup>3</sup>.
- La partie ouest comprend 16 réservoirs de gasoil et d'essence, pour une capacité d'environ 58 000 m<sup>3</sup>, ainsi que les postes de chargement camion, les installations de réception pipeline avec 3 bacs d'additifs et la salle de contrôle.

Cette entreprise fonctionne en continu, 24h / 24.

Entre les sites est et ouest de l'entreprise accidentée, se trouve la 2<sup>ème</sup> entreprise qui est autorisée à stocker jusqu'à 70 000 t de carburant. Au sud-est du site est installé le dépôt de la 3<sup>ème</sup> entreprise disposant d'une capacité de stockage de 75 000 t d'essence.

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

### L'accident :

#### ▪ **Le déroulement des faits :**

A partir de 19 h le 10 décembre, le bac à écran flottant 912, situé au niveau de la rétention A de la 1<sup>ère</sup> entreprise, reçoit de l'essence sans plomb par pipeline à un débit de 550 m<sup>3</sup>/h.

#### **Le 11 décembre :**

- A minuit, le terminal est fermé et le contrôle des stocks est en cours.
- A 3 h, la jauge de niveau du bac 912 indique un niveau stable aux 2/3 alors que l'approvisionnement se poursuit au même débit.
- A 5h20, le bac 912 commence à déborder et un mélange riche air/carburant se forme.
- A 5h50, l'approvisionnement d'un autre réservoir en parallèle s'arrête et le débit d'approvisionnement du bac 912 atteint 890 m<sup>3</sup>/h dont la vanne est toujours ouverte.
- A 6h01 a lieu la première et la plus importante explosion, suivie d'un incendie qui embrase 21 grands réservoirs. Il s'agit de l'explosion principale, elle se produit au niveau des parkings de Fuji et Northgate (cf. Schéma 1), proches des bâtiments correspondants. L'explosion est entendue jusqu'à 160 km. Les services géologiques britanniques classent les effets sismiques au niveau 2.4 sur l'échelle de Richter.
- A 6h08, les secours sont alertés.
- A 6h27 et 6h28, deux explosions subséquentes se produisent.
- A 9 h, le groupe de coordination des secours se réunit.



Photo : [www.burcefield-oil-fire-hemel-hempstead.wingedfeet.co.uk](http://www.burcefield-oil-fire-hemel-hempstead.wingedfeet.co.uk)

**Photo 1. Bâtiment dévasté sur le site du dépôt**

Le 12 décembre, à 12 h, le feu est à son maximum, les eaux d'extinction mêlées à des hydrocarbures débordent des rétentions. Le 14 décembre, de nouvelles fuites importantes se produisent au niveau des rétentions et des produits s'écoulent en dehors du site.

Des émulseurs sont acheminés sur le site puis mélangés sur place avec de l'eau pompée dans le Grand Union Canal situé à 3 km du lieu de la catastrophe. L'opération, qui devait commencer à minuit, est reportée en raison d'inquiétudes

sur un éventuel impact environnemental et notamment des effets sur la qualité de l'eau. En particulier, certaines mousses d'extinction utilisées contiennent des perfluorooctane sulfonate (PFOS), agent hydrofuge et oléofuge, persistant, bioaccumulatif et perturbateur endocrinien. Cependant, face à l'urgence des besoins en moyens d'extinction, les autorités compétentes prennent le parti d'utiliser ces mousses.

Les pompiers attaquent l'incendie le 12 décembre à 8h20 à l'aide de 6 pompes haute pression capables de projeter 32 000 l d'eau et d'émulseur par minute. En quelques heures, alors que la moitié des cuves sont embrasées, ils parviennent à maîtriser l'extension de l'incendie. En début de soirée, ils observent une pause dans leurs opérations en raison d'un risque d'explosion.

Plus de 600 pompiers déversent ensuite une énorme quantité de mousse sur le dépôt pour étouffer les flammes. Ils maîtrisent enfin l'incendie après 60 h de lutte, mais le 14 décembre au matin, des vapeurs provenant d'une cuve, jusqu'alors épargnée par le feu, s'enflamment. Ce feu reste contenu par les pompiers jusqu'à son extinction par manque de combustible.

Les services de secours déclarent le feu éteint le 15 décembre. Au total, 786 m<sup>3</sup> d'émulseurs et 68 000 m<sup>3</sup> d'eau (53 000 m<sup>3</sup> d'eau propre et 15 000 m<sup>3</sup> d'eau recyclée) auront été utilisés et 30 km de tuyaux mis en œuvre. Au plus fort de l'incendie, les secours ont mobilisé 180 pompiers, 20 véhicules et 26 pompes.



Photo : www.buncefield-oil-fire-hemel-hempstead.wingedfeet.co.uk

*Photo 2. Tuyaux approvisionnant les secours en eau*

Les secours ont dû faire face à plusieurs difficultés lors de leur intervention. Tout d'abord, les équipements de lutte contre l'incendie ont été détruits par les explosions. Les réserves d'eau du site n'ont pas pu être utilisées du fait de la destruction de la station de pompage, située au nord de la rétention A (cf. Schéma 1), et assurant la gestion des flux d'eau sur le site. La lagune nord (réserve d'eau d'extinction) a également subi d'importants dégâts. Aucun moyen d'extinction interne n'a donc pu être utilisé par les pompiers sur cette partie du dépôt. Par ailleurs, le site était moyen couvert par les eaux d'extinction et le carburant s'écoulant des réservoirs, compliquant l'accès aux installations.

#### ▪ **L'explosion principale :**

Malgré les informations erronées fournies par les indicateurs de niveau, des enregistrements de la température mesurée dans le pipeline d'approvisionnement et à l'intérieur du bac 912 ont permis de confirmer par la suite le remplissage effectif du réservoir 912.

A 5h30, le bac est plein et à 5h38, le nuage qui s'est formé au pied du bac 912 est visible sur les enregistrements vidéo et atteint déjà 1 m d'épaisseur, puis 2 m à 5h46. Le bac a donc commencé à déborder et le nuage explosif qui s'est formé se répand sur le site sur une surface de 80 000 m<sup>2</sup>. A 5h50, le nuage dépasse déjà les limites de l'entreprise. L'explosion a été beaucoup plus violente que les modélisations de phénomènes de type UVCE ne le laissent prévoir :

- **700 à 1000 mbar au niveau de la zone d'ignition (parkings de Fuji et de Northgate), selon le rapport initial du comité d'expertise britannique travaillant sur l'accident de Buncefield, alors que des calculs, basés sur une modélisation mathématique, donneraient un résultat de 20 – 50 mbar ;**
- 7 – 10 mbar à 2 km du site.

Selon les vidéos des caméras de contrôle, la première explosion, produite sur le parking de Northgate, et la plus importante, aurait été précédée d'une autre explosion moins forte 1 à 2 secondes auparavant.

D'autres explosions de moindre importance ont eu lieu par la suite.

### Les conséquences :

#### ▪ Les conséquences matérielles :

Le souffle de l'explosion a causé des **dommages importants dans un rayon de 800 m** : vitres brisées, portes enfoncées, le mur d'un entrepôt détruit, le toit d'une maison soufflé ... Les voitures stationnées à proximité sont brûlées.

Sur le site de l'entreprise 1, les dommages sont les suivants :

- Partie ouest : tous les réservoirs de stockage principaux sont détruits par le feu, à l'exception de 2 bacs et de 5 petits cylindres verticaux simplement endommagés,
- Poste de chargement (ouest), situé à 200 m environ du centre de stockage : le bardage est endommagé, mais les camions présents n'ont pas subi de dégâts significatifs,
- Salle de contrôle (ouest), située à 200 m du centre de stockage : le bâtiment à structure acier avec panneaux ne présente pas de dommage sur les cloisons mais des dégâts sur les faux plafonds intérieurs,
- Partie est : des dommages aux toits des réservoirs sont dus au souffle de l'explosion.

Sur le site de la 2<sup>ème</sup> entreprise, 4 réservoirs sont détruits par le feu et un autre bac est endommagé. L'entreprise 3 a subi moins de dégâts.

Les maisons les plus proches ont été fortement touchées et leurs habitants ont dû être relogés le temps des réparations. 300 autres logements ont subi des dégâts moindres.

#### ▪ Les conséquences humaines :

Sur 43 personnes blessées, la plupart par des éclats de verre, une est plus sérieusement atteinte et présente des difficultés respiratoires dues aux effets de surpression. Les 10 employés présents sur le site lors de l'accident sont saufs.

#### ▪ Les conséquences environnementales :

##### Impact sur l'air

Un gigantesque nuage noirâtre contenant des substances irritantes s'élève à plus de 300 m de haut et se propage dans le sud de l'Angleterre, touche la Bretagne et la Normandie le 12 décembre 2005, puis se déplace vers le sud-ouest et l'Espagne.

Les autorités conseillent aux habitants proches du dépôt de se confiner ; 2 000 personnes sont évacuées puis sont autorisées à regagner leur domicile le soir même. L'autoroute M1 reliant Londres aux Midlands reste fermée plusieurs jours par crainte de nouvelles explosions.

Selon l'agence de la protection de la santé anglaise (Health Protection Agency, HPA), le panache de fumée est composé principalement de monoxyde et dioxyde de carbone, de dioxyde d'azote, de composés organiques volatils et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques. Une partie du panache de fumée généré par l'incendie monte en altitude et, emporté par les vents, se déplace vers la France. Selon les réseaux français de surveillance de la qualité de l'air, les indicateurs dans les régions françaises touchées par le nuage ne révèlent pas de dégradation sensible de la qualité de l'air attribuable à l'accident. Selon un institut sanitaire français, compte tenu de la composition du panache et de sa dispersion atmosphérique, l'incendie de Buncefield ne devrait pas avoir d'impact sur la santé de la population française.

##### Impact sur le sol et les eaux

Une partie des eaux d'extinction n'a pu être contenue sur le site et s'est écoulée dans le milieu naturel, polluant le sol et les eaux superficielles et souterraines.

Des forages ont été réalisés sur le site du dépôt et ses abords révélant une pollution des couches superficielles du sol du fait des hydrocarbures et des eaux d'extinction d'incendie.

Dès la fin de l'accident, un suivi de la qualité des eaux superficielles et souterraines a été mis en œuvre dans les zones susceptibles d'être touchées afin de déterminer les effets de cet accident à court et long termes et de comprendre l'extension de la pollution. A cet effet, de nombreux piézomètres ont été installés. Une pollution, due aux hydrocarbures et aux résidus des mousses d'extinction d'incendie, a été détectée dans les eaux souterraines sous le dépôt pétrolier de Buncefield et à plus de 2 km au nord, est et sud-est.

Par ailleurs, 800 m<sup>3</sup> d'eaux d'extinction préalablement stockées, ont été rejetés par inadvertance dans une station d'épuration puis se sont écoulés dans la RIVER COLNE, affluent de la TAMISE. Une enquête a été menée suite à cet accident.

Par ailleurs, certains émulseurs utilisés contiennent du perfluorooctane sulfonate (PFOS), composant hydrofuge et oléofuge qui favorise l'étalement des mousses d'extinction d'incendie. Ce produit est persistant dans le milieu naturel, bioaccumulatif et est un perturbateur endocrinien. Sa présence dans les eaux de surface est recherchée pour la première fois suite à l'incendie de Buncefield. Du PFOS a été détecté en faible quantité dans les eaux des rivières VER et COLNE quelques jours après l'accident. Aucun impact direct n'a pu être déduit et un suivi est mis en place afin de mesurer l'ensemble des impacts environnementaux liés à cette substance. Le seuil de potabilité de 3 µg/l n'a pas été atteint dans les résultats d'analyses d'eau destinées à la consommation humaine qui ont été réalisées.

▪ **Les conséquences financières :**

Le coût total de l'accident n'est toujours pas connu définitivement mais devrait dépasser 750 millions d'euros ; la reconstruction des cuves coûterait 37 M€ et la valeur des produits perdus s'élèverait à 52 M€. D'autres entreprises implantées dans la zone industrielle ont également subi des dommages importants : une vingtaine d'établissements employant 500 personnes au total est détruite, une soixantaine employant au total 3 500 personnes a subi d'importants dégâts.

### Echelle 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', l'accident peut être caractérisé par les 4 indices suivants, compte-tenu des informations disponibles.

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

Les paramètres composant ces indices et le mode de cotation correspondant sont rappelés en annexe au présent document et sont disponibles à l'adresse suivante : <http://www.aria.ecologie.gouv.fr>

L'indice relatif aux quantités de matières dangereuses est égal à 5 car environ un tiers des 35 000 m<sup>3</sup> d'hydrocarbures stockés sur le site au moment de l'accident se sont échappés des bacs ou ont été détruits dans l'incendie (paramètre Q1). Le paramètre Q2 relatif à la quantité de substance ayant participé à l'explosion en équivalent TNT, est coté à un niveau 3 car des dommages importants ont été constatés jusqu'à une distance de 800 m.

L'indice relatif aux conséquences humaines et sociales est égal à 6 car 4000 personnes ont été dans l'incapacité de travailler du fait des dégâts causés par l'explosion sur les bâtiments de 80 entreprises environ. Les 2000 personnes évacuées pendant une demi-journée amènent à un niveau 5 pour le paramètre H7 et les 43 blessés correspondent à un niveau 4 pour le paramètre H4.

L'indice relatif aux conséquences économiques est égal à 6 car le coût total engendré par l'accident devrait dépasser en tout état de cause 750 M€.

Les conséquences environnementales n'étant pas connues précisément (pollution de l'eau, de l'air, des sols), l'indice correspondant ne peut pas être renseigné.

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

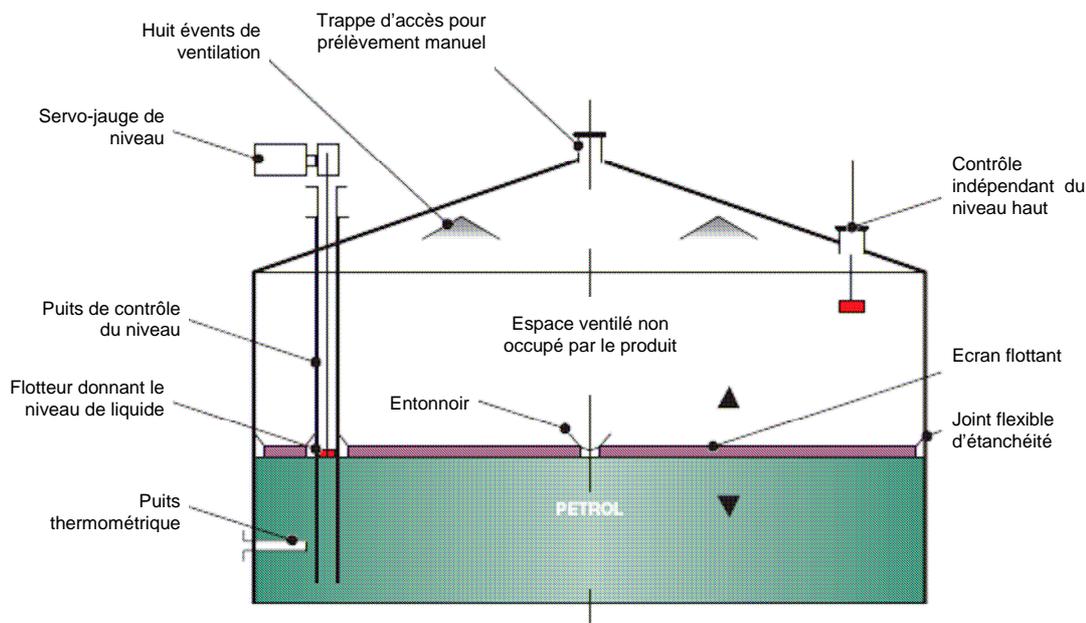
### Le système de commande et de mesure au niveau des réservoirs :

Le réservoir 912 était équipé de nombreux instruments de mesures : niveau, température, ... Ceux-ci étaient connectés à un système de jaugeage automatique des réservoirs commun à tout le site de l'entreprise 1. Ces informations étaient transmises et contrôlées dans une salle de contrôle où un opérateur peut actionner différentes vannes télécommandées. Le **système de jaugeage automatique des réservoirs** permet aussi d'interpréter les informations et de les corréliser avec des scénarios d'évènements critiques qui, s'ils sont détectés par le système, déclenchent une alarme. Toutes les mesures sont enregistrées et le système s'appuie donc sur un nombre important de données.

De plus, le bac est doté d'un **système de contrôle indépendant du « niveau haut »** avec alarme visuelle et sonore qui active en même temps la fermeture des vannes sur les canalisations ad hoc. Une alerte est par ailleurs envoyée aux instrumentations et au contrôle informatique du transporteur qui doit alors aussi fermer les vannes de distribution au client.

Enfin, un interrupteur dans la salle de contrôle permet d'annuler le signal envoyé au fournisseur de carburants pendant les périodes de test de « niveau haut ». Lorsqu'il est activé, un voyant rouge est allumé sur le tableau de contrôle.

Schéma 2. Instruments de contrôles présents sur le bac 912



Source : Buncefield Investigation, Third progress report

### Les causes de l'accident :

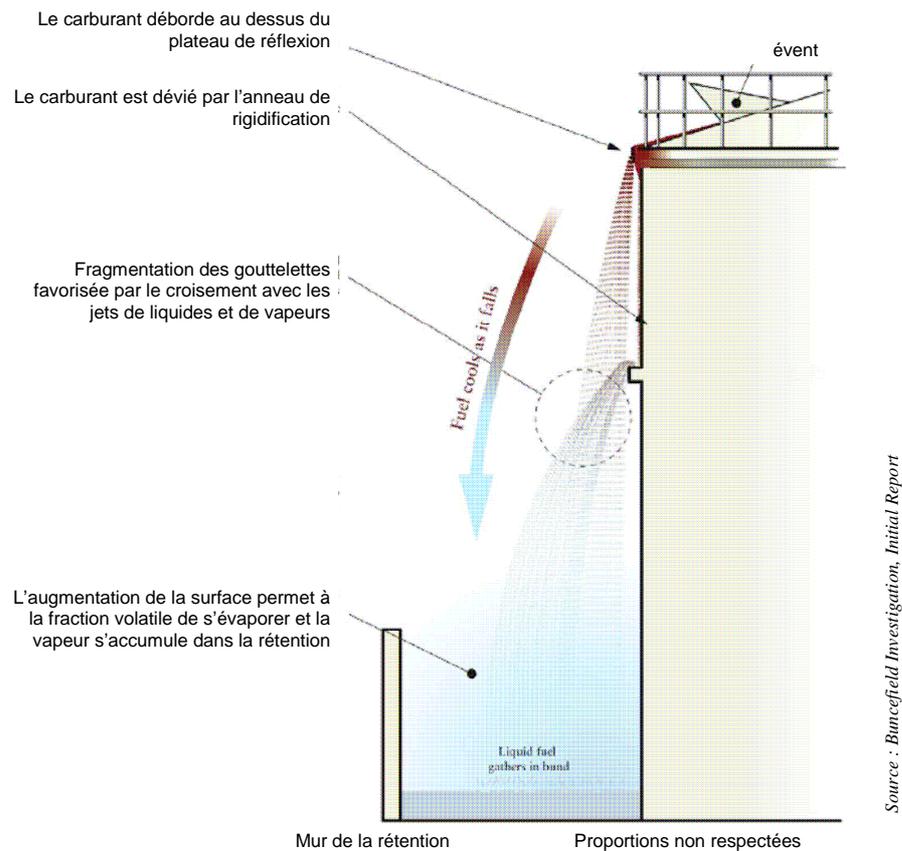
Aucun des deux systèmes automatiques de détection de niveau dans le réservoir, détaillés ci-dessus, n'a fonctionné et l'approvisionnement en essence dans le bac 912 n'a pas été arrêté. Une expertise est menée pour déterminer les raisons du dysfonctionnement des systèmes automatiques de contrôle et de jaugeage du réservoir. Suite au débordement du réservoir, un nuage explosible s'est donc formé puis répandu sur le site.

Les informations provenant du système de contrôle du distributeur d'essence indiquent qu'aucune alarme de niveau haut provenant du site ouest de la 1<sup>ère</sup> société n'a été reçue. Cependant il n'a pas été possible de tester la jauge de contrôle de niveau haut, ni même de vérifier l'état des câbles entre le réservoir 912 et la sous-station du fait des importants dommages subis. La jauge de niveau haut a été localisée et devrait être expertisée.

C'est au niveau des parkings de Fuji et de Northgate que la première et la plus violente explosion s'est produite dévastant cette partie du site. En se répandant sur cette zone dégagée, les conditions d'explosion (concentration comprise entre la LIE et la LSE) ont été atteintes. La vaporisation de l'essence a été favorisée par 2 facteurs :

- Dans un premier temps, mais en moindre mesure, la déviation du flux du produit par un anneau de rigidification du réservoir (cf. Schéma 3).
- Puis surtout, la forte concentration en butane non stabilisé (10%) de ce carburant de type « hiver » a favorisé une évaporation importante de gaz même à de relativement basses températures (pression de vapeur assez haute : 70 - 100 kPa) et la formation d'un nuage de butane (estimé à plusieurs tonnes compte tenu de la quantité d'essence déversée).

Schéma 3. Phénomène de débordement du bac 912



L'estimation des effets de surpression au niveau des parkings de Fuji et Northgate (700 à 1000 mbar) n'est pas cohérente avec la compréhension actuelle du phénomène UVCE (modélisation : 20 à 50 mbar).

Dans son rapport "*Buncefield explosion mechanism - Advisory Group Report*" diffusé le 16 août 2007, le groupe d'experts du MIIB (Major Incident Investigation Board) émet l'hypothèse de l'accélération du front de flamme par les turbulences créées au passage au niveau de la végétation des allées.

Deux hypothèses sont retenues pour le lieu de l'ignition du nuage : la cabine du générateur de secours ou, plus probablement, le local des pompes d'urgence lors de la mise en marche du système d'urgence du site.

## LES SUITES DONNÉES

---

Suite à cet accident, une commission indépendante a été montée afin de mener les investigations sur les causes et conséquences de l'explosion du dépôt : "Buncefield Major Incident Investigation Board" (MIIB). Un des points clés en est la compréhension du phénomène qui s'est produit et des circonstances ayant conduit à de tels effets de surpression.

D'un point de vue plus technique, différentes opérations ont été menées sur le site afin de limiter les pollutions secondaires et de le rendre accessible, notamment pour mener les investigations nécessaires :

- Les eaux d'extinction d'incendie et autres eaux polluées qui ont pu être contenues sur le site ont été évacuées pendant les trois semaines suivant l'accident puis stockées sur différents sites. Les 12 000 m<sup>3</sup> d'eaux d'extinction les plus polluées ont été traités par osmose inverse. Les eaux moins polluées (4 000 m<sup>3</sup>) sont stockées en attente de traitement adapté.
- Le site a été déblayé pour en faciliter l'accès. En février 2006, la rétention A, contenant le réservoir 912, est accessible pour la première fois. La présence de vapeur inflammable est surveillée.
- La partie sud du dépôt, qui a subi moins de dégâts, a été remise en état pendant le mois d'août afin de pouvoir évacuer les stocks de carburant. La 3<sup>ème</sup> entreprise basée sur le site a réalisé, en septembre 2006, les opérations de dépotage nécessaires à la poursuite des investigations sur les bacs. La fin du démantèlement des installations du site est prévue pour fin 2007.

Le Ministère britannique en charge de l'Environnement a lancé, pour la première fois, une campagne nationale d'analyse des PFOS dans les eaux souterraines. 150 points de mesures ont été sélectionnés. Il travaille aussi sur la réalisation d'un logiciel de modélisation pour prévoir l'évolution d'un flux de polluants dans les aquifères.

Les autorités britanniques ont diffusé, dès février 2006, aux exploitants d'installations anglaises similaires au dépôt pétrolier de Buncefield une liste d'actions immédiates à mener concernant la sécurité (sécurité des opérations, formation du personnel, robustesse des systèmes de management, mise en place effective des bonnes pratiques concernant les précautions, intervention des secours et actions à mener en cas d'accidents, ...). Des inspections ont ensuite été menées pour vérifier la conformité des installations et la mise en place effective des mesures de sécurité préconisées, et un rapport d'analyse a été édité. D'autres recommandations ont été diffusées par la suite concernant le bon fonctionnement des équipements et barrières de sécurité (pipelines, prévention des débordements de réservoirs, vannes, rétentions, etc.).

Le MIIB, suite à ses travaux, a publié plusieurs documents apportant des éléments de retour d'expérience sur cet accident :

- 3 rapports d'avancement de l'enquête sur l'accident de Buncefield : *Progress report Buncefield*, (21 février 2006), *Second progress report* (11 avril 2006), *Third progress report* (9 mai 2006).
- Des recommandations pour la conception et l'exploitation de dépôts pétroliers : *Recommendations on the design and operation of fuel storage sites*, 29 mars 2007.
- Des recommandations pour la préparation aux situations d'urgence, pour les mesures d'urgence en cas d'accident majeur : *Recommendations on the emergency preparedness for, response to and recovery from major incidents*, 17 juillet 2007.
- Un guide pour la sécurité et la protection de l'environnement pour les dépôts pétroliers : *Safety and environmental standards for fuel storage sites - Buncefield Standards Task Group (BSTG) Final report*, 24 juillet 2007.
- Un rapport sur le mécanisme d'explosion de l'accident de Buncefield, *Buncefield explosion mechanism - Advisory Group Report*, 16 août 2007.

Suite à cet accident, des inspections ont aussi été menées dans les dépôts français et d'autres pays européens.

## LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

---

Bien que les rapports d'enquête et d'investigation ne soient pas encore tous publiés, de nombreux enseignements ont déjà pu être tirés de cet accident.

Tout d'abord, la possibilité de formation d'un nuage explosif très étendu ne doit pas être négligée dans la prévision des phénomènes dangereux et les précautions quant aux sources d'inflammation possibles en dehors du site doivent être envisagées. Cela est d'autant plus justifié que les produits mis en jeu sont très inflammables. De plus, la compréhension du phénomène d'explosion d'un nuage inflammable est à approfondir afin de mieux prévoir les effets de surpressions engendrés.

Cet accident soulève différents aspects organisationnels :

- ✓ Contractuellement, les dépôts d'hydrocarbures ont une faible marge de manœuvre sur les quantités de produits qu'ils reçoivent, ils peuvent difficilement refuser une livraison, ils fonctionnent donc en flux tendu et les marges de sécurité sont très faibles.
- ✓ Les installations du dépôt de Buncefield et les infrastructures connexes étaient anciennes. Étaient-elles suffisamment entretenues ?
- ✓ La qualification des opérateurs et leur connaissance des dangers étaient-elles suffisantes ?
- ✓ L'implication de plusieurs entités (exploitant de dépôt, transporteur par canalisations) a-t-elle une influence sur la gestion générale de la sécurité ?
- ✓ Le bon fonctionnement et la possibilité de réaliser des inspections périodiques (par les exploitants et les autorités compétentes) au niveau de l'enregistrement du suivi, de la détection et des systèmes d'alarme, aussi bien en prévention qu'en cas d'accident ;
- ✓ Vigilance particulière lors des transferts de produits de type "hiver" non stabilisés et fortement concentrés en butane (spécifique à la Grande- Bretagne) ;
- ✓ Décalage entre le développement du sinistre visible sur les caméras de contrôle et l'intervention du personnel.

Du point de vue technique, de nombreux aspects doivent être suivis et améliorés sur les sites tels que celui de Buncefield :

- ✓ Suivi/contrôle électronique et alarmes associées aux bacs et canalisations pour l'alerte en cas de dysfonctionnement ;
- ✓ Détection des vapeurs inflammables à proximité immédiate des bacs et canalisations ;
- ✓ Réactions lors de la détection de conditions anormales, telles que la fermeture automatique de vannes d'approvisionnement et des vannes d'arrivée des pipelines ;
- ✓ En quoi et jusqu'où les éléments annexes aux bacs évitent ou contribuent à la formation d'un nuage de vapeur inflammable (ex : anneau de rigidification) ;
- ✓ Le lieu et/ou les moyens de protection des installations de secours ;
- ✓ L'intégrité du confinement et le bon dimensionnement des rétentions.

Les conséquences humaines auraient pu être dramatiques, mais l'heure et le jour de l'accident ont fait que peu de personnes se trouvaient à proximité ou sur le site localisé dans une zone industrielle habituellement très fréquentée. La question de l'urbanisation autour de sites à risques tels que les dépôts pétroliers est une fois encore reposée.

*Cette version est provisoire et tient compte des informations disponibles au 8 octobre 2007*