Explosion de poussières dans un silo portuaire
23 février 2018
Grande Synthe (59)
France

Silos
Explosions
Poussières
Bois
Céréales

LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

Le site :

Le site est un silo portuaire soumis à autorisation notamment pour la rubrique 2160-2.a relative au stockage en silo de céréales, grains, produits alimentaires ou produits organiques dégageant des poussières inflammables.

Il exploite 45 cellules verticales, deux as de carreau et deux silos plats de stockage de céréales. Le volume total de stockage est de 437 720 m^3.

L'arrêté préfectoral (AP) en vigueur impose diverses mesures notamment sur les installations de convoyage en termes d'équipements de sécurité, de conduite à tenir en cas de déclenchement de ces dispositifs et de règles de maintenance sur ces dispositifs. Par exemple, l'AP impose :

- « des capteurs de températures sur les paliers des élévateurs et transporteurs à bande ;
- des capteurs de déport de bandes et de sangles en pied d'élévateurs ainsi qu'à chaque extrémité des transporteurs à bande ;
- des contrôleurs de rotation sur les paliers de queue des élévateurs et transporteurs ;
- des détecteurs d'allongement de sangles ou contrôleurs de tension de sangles et des détecteurs de bourrage sur les élévateurs.

La détection ou le dépassement de seuils prédéfinis au niveau de ces dispositifs entraîne :

- l'arrêt de l'installation et des équipements situés en amont ;
- le déclenchement d'une alarme en salle de commande.

L'installation ne peut être remise en service qu'après intervention du personnel.

L'unité impliquée :

Plusieurs unités sont impliquées dans l'accident :

- un silo plat (silo 7) ;
- un silo vertical (silo 40) constitué de 8 cellules cylindriques en béton, construites en 1988, ouvertes en parties supérieures sur une galerie sur-cellule et son convoyeur. Cette galerie est couverte par une toiture en bardage métallique ;
- une galerie sous-cellule, au niveau du sol, où passe un convoyeur capoté ;
- une tour de manutention semi-ouverte avec plusieurs élévateurs à godet ;
- une salle de pesée au niveau du bâtiment de chargement des wagons ;
- un bâtiment de chargement des wagons ferroviaires accolé à la tour de manutention ;
- un convoyeur capoté, aérien à 4 m de hauteur, entre le silo plat et le silo vertical ;
- ce convoyeur aérien se jette dans une trémie de 1,5 m^3 qui se décharge au-dessus du convoyeur sous cellule.

L'état des stocks dans les unités impliquées :

- Dans le silo plat : du maïs est stocké dans la partie sud et des pellets de bois dans la partie nord ;
- Dans le silo vertical :

N° cellule	Quantité stockée en tonne	Nature du produit stocké
41	1 000	blé
42 et 45	0	/

N° cellule	Quantité stockée en tonne	Nature du produit stocké
43	3 000	Pellets de bois
44	1 300	orge
46	2 500	Pellets de bois
47	1 000	maïs
48	5 000	orge

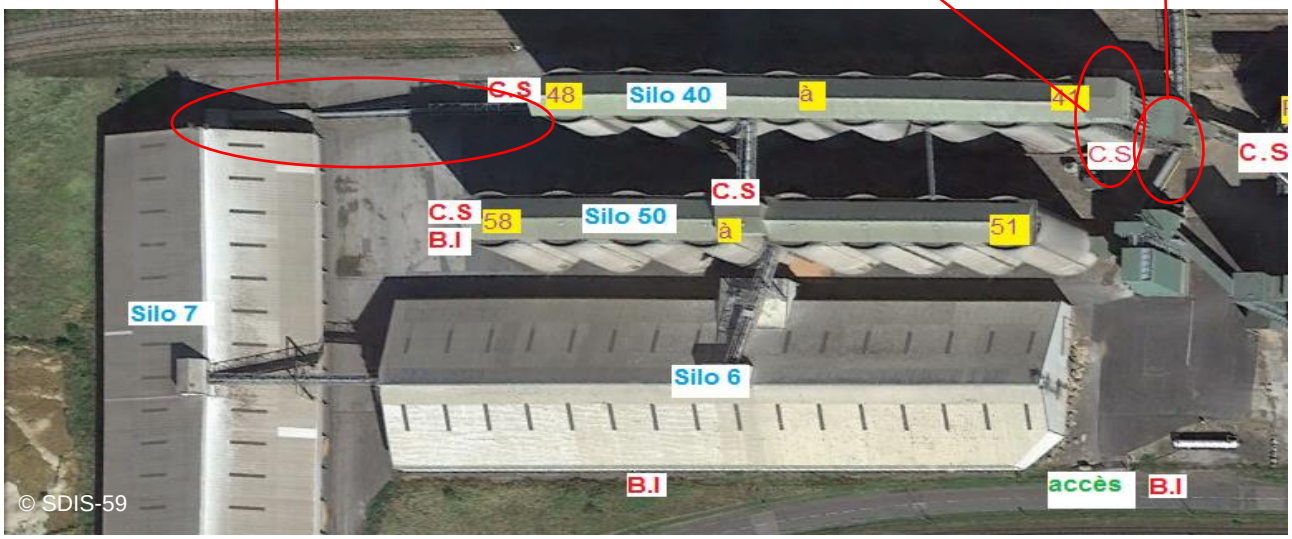
Silo plat

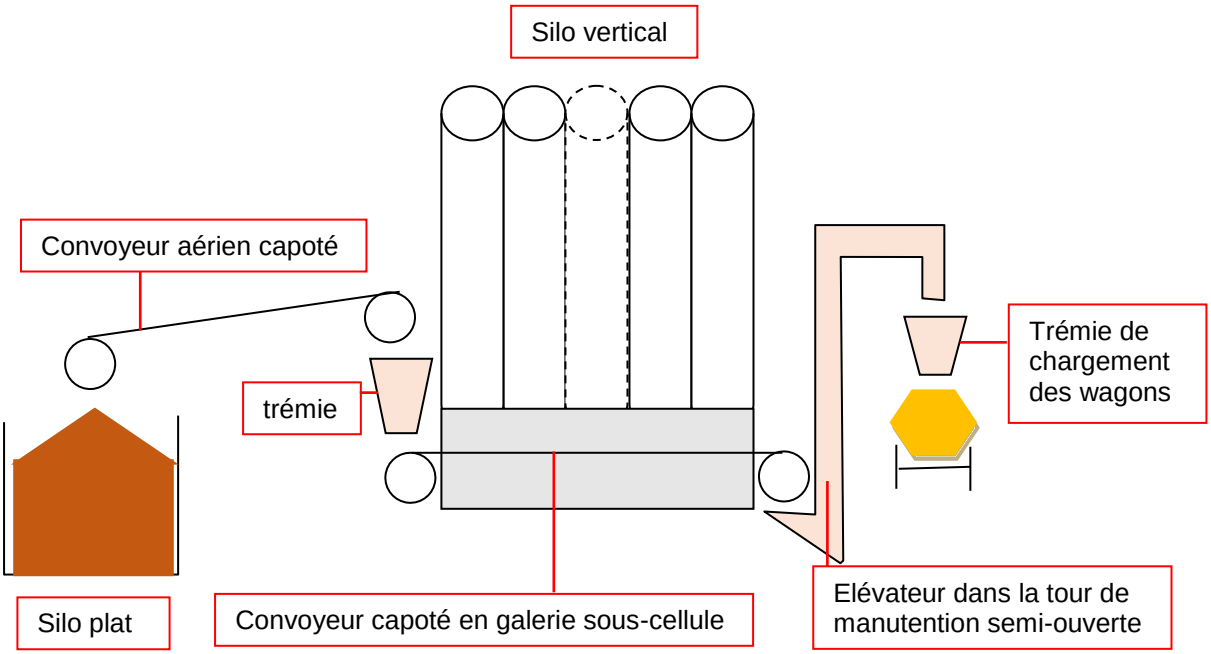
Silo vertical

Bâtiment de chargement des wagons

Convoyeur aérien capoté

Tour de manutention





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

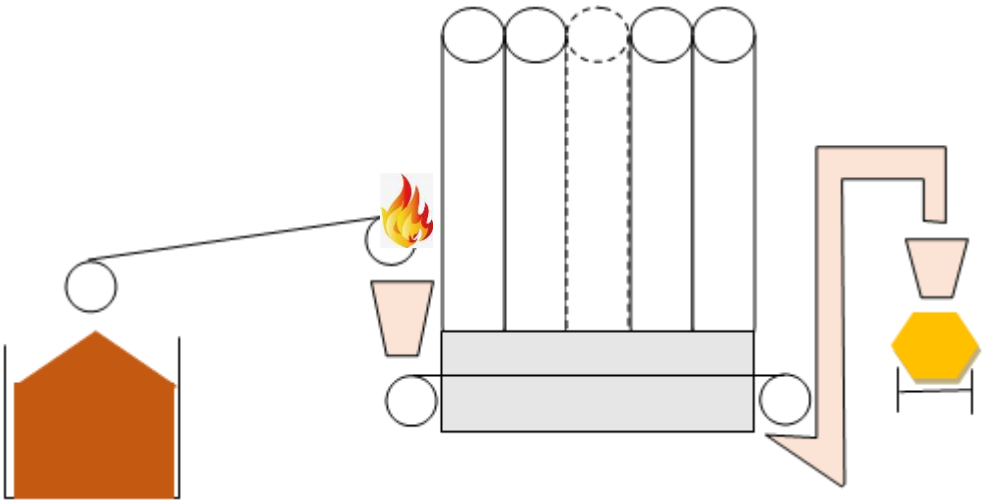
L'accident :

Le matin, à partir de 6h, une opération de chargement de pellets est en cours depuis le silo plat 7 jusqu'au bâtiment de chargement des wagons en passant par la galerie sous-cellule du silo vertical 40. Le chargement d'un wagon se fait en un quart d'heure. Ensuite, il faut attendre 2 à 3 minutes sans charger pour permettre au train d'avancer et de positionner un nouveau wagon sous le bâtiment de chargement.

L'accident a eu lieu entre deux chargements de wagons. Les convoyeurs sont maintenus en fonctionnement pendant cette opération. **Ils tournent à vide au moment de l'accident.**

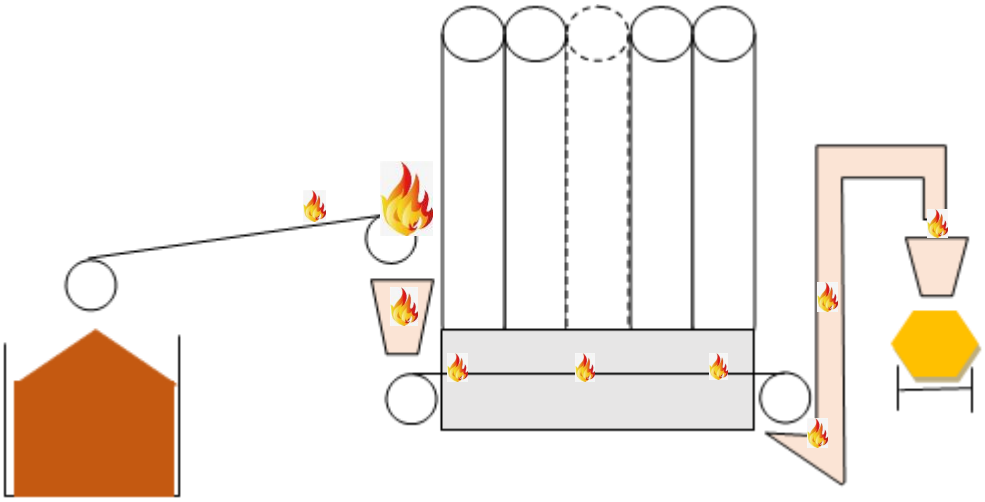
A 7 heures du matin, des alarmes sur la zone en tête du convoyeur aérien sont perçues en salle de commande, **sans réaction des opérateurs** :

Type d'alarme	Interprétation des opérateurs	Ce qui se passe en réalité
alarmes de déport de bande	bourrage en cours au niveau de ce convoyeur.	Début d'incendie en tête de convoyeur qui déclenche l'alarme
Arrêt de l'alarme quelques instants après	Ils supposent un retour à la normale.	Le feu aurait brûlé les câbles électriques, les alarmes étaient à sécurité positive.



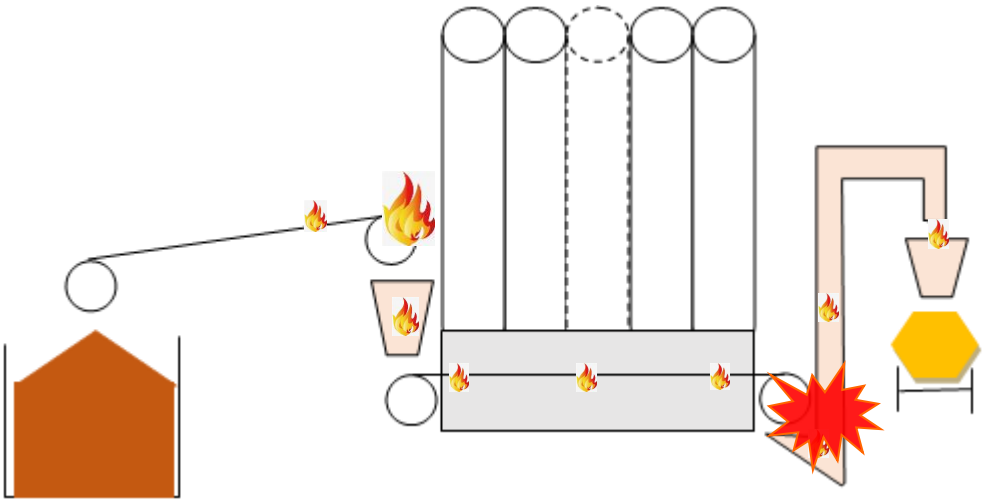
La propagation de l'incendie :

1. L'incendie qui est parti du moteur en tête de convoyeur, au-dessus de la trémie se propage à la fois au convoyeur aérien et à la trémie.
2. Des braises sont transportées sur le convoyeur dans la galerie sous-cellule.
3. Ces braises tombent ensuite dans l'élévateur à godet de la tour de manutention.
4. Certaines braises arrivent jusqu'au bâtiment de chargement avant que la première explosion se produise au niveau de l'élévateur à godet.



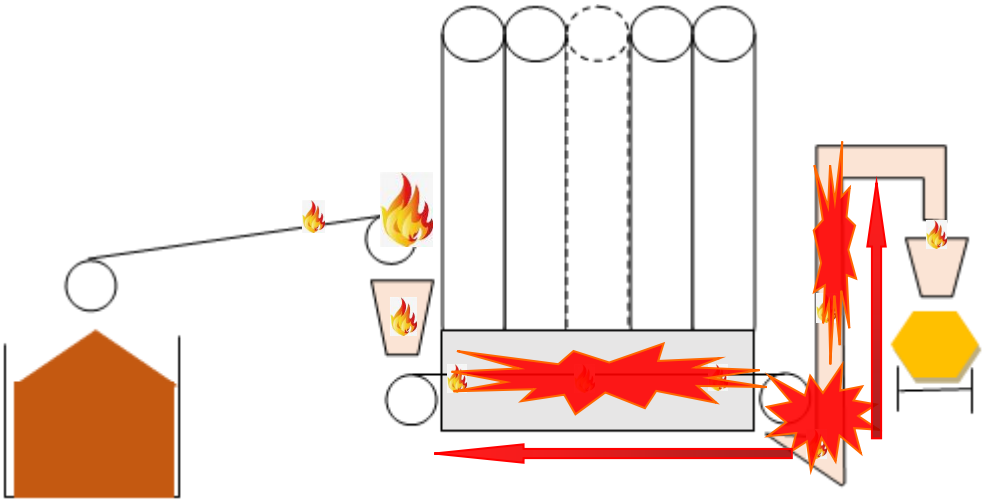
La première explosion :

La première explosion proviendrait de la chute d'une braise au niveau de l'élévateur. La **présence d'une atmosphère empoussiérée** dans l'élévateur crée une atmosphère ATEX. Les braises constituent la source d'ignition à l'explosion de poussières dans cet élévateur.



La deuxième explosion :

L'explosion génère un front de flamme et une onde de pression qui se transmet à la fois dans la tour de manutention et dans la galerie sous-cellule. La mise en suspension des poussières par l'onde de choc et le front de flamme permettent de créer les conditions de l'explosion secondaire, plus violente.



Après l'explosion des flammèches ont pu être projetées par la tour de manutention ouverte sur sa partie supérieure jusqu'à l'intérieure des cellules verticales, elles aussi ouvertes en partie supérieure. Des points chauds sont détectés dans 2 cellules vides et des feux de surfaces sont détectés dans une cellule contenant 1 000 t de blé et une cellule contenant 2 500 t de pellets de bois.

Il faudra 3 jours aux pompiers pour finir de vidanger ces cellules.

L'analyse de l'accident réalisée par l'INERIS estime une surpression d'explosion comprise entre 100 et 350 mbar. Cette valeur est inférieure à la pression de rupture des parois extérieures en béton armé des cellules (430 mbar) ce qui est cohérent avec l'absence d'endommagement des parois en béton observée.
Les distances de surpression dans la gaine de l'élévateur sont de 3 m pour 50 mbar et de 7 m pour 20 mbar.

Les conséquences :

Conséquences matérielles :

Au niveau du convoyeur aérien entre le silo plat et l'ensemble de cellules verticales :

- la bande transporteuse capotée s'est consumée. La bande, changée en 2002, est conforme à la norme ISO 340. Le capotage de la bande a généré un effet tunnel qui a été propice à la combustion de la bande ;
- Filtre et trémie présentant des traces de combustion importantes. Présence de morceaux de bois consumés.

Bande du convoyeur aérien

Partie supérieure de la trémie

Morceaux de bois coincés dans la trémie

Au niveau de la galerie sous-cellule :

- les 16 surfaces soufflables de la galerie sont projetées à plus de 50 m ;
- des traces de combustions sont visibles à l'intérieur de la galerie. Ces traces sont d'autant plus importantes que l'on se rapproche de la tour de manutention.

Portes projetées

Portes arrachées de la galerie sous-cellule

Traces de combustion en galerie sous-cellule

Tour de manutention :

- De nombreux éléments de structures métalliques du côté fermé sont déformés.
- Seul l'élévateur à godet utilisé pour l'opération en cours présentait des traces de combustion.

Elévateur au 2ème étage

Elévateur au 1er étage

Tour de manutention et bâtiment chargement wagon

Bâtiment de chargement des wagons :

- bardage déformé.

Bâtiment chargement wagon

La salle de pesée :

- La tôle supérieure est gonflée et la trappe est ouverte.

Salle de pesée

Conséquences humaines :

Un employé est légèrement blessé. Il se trouve au niveau du poste de chargement de wagon au moment de l'explosion. Un deuxième employé set plaint d'acouphène.

Conséquences sociales :

Le POI est déclenché à 9h30 et le site est mis à l'arrêt. 19 employés sont évacués. La circulation est interrompue.

Conséquences économiques :

Le coût des dommages matériels et des pertes d'exploitation s'élèvent à plusieurs millions d'euros.

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	■ □ □ □ □ □ □
Conséquences humaines et sociales	■ □ □ □ □ □ □
Conséquences environnementales	□ □ □ □ □ □ □
Conséquences économiques	■ ■ ■ □ □ □

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

Les effets de l'explosion n'ayant pas été caractérisés en termes d'équivalent TNT mais compte tenu des dégâts observés, le niveau de cotation de l'indice « matières dangereuses relâchées » est estimé à au moins 1.

L'accident ayant généré des blessures légères à 1 opérateur, le niveau global de l'indice «conséquences humaines et sociales» atteint par conséquent le niveau 1.

Aucune information n'étant disponible sur d'éventuelles conséquences environnementales, le paramètre n'est donc pas coté.

Le montant des dommages matériels étant estimé à quelques millions d'euros, l'indice «conséquences économiques» atteint par conséquent le niveau 3.

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

L'origine de l'incendie est un effondrement puis échauffement du pallier en tête du convoyeur aérien entre le silo plat et le silo vertical. Le transporteur n'est pas équipé de sonde de température. L'effondrement du pallier peut être dû, soit à un défaut de graissage, soit à une casse du rouleau, soit à une accumulation de matière.

A proximité des rouleaux de pallier disloqués, se trouve un amoncellement de matières combustibles de type gros morceaux de bois. Le silo n'était pas autorisé à stocker des pellets de bois et aucune information sur cette nouvelle activité n'a été transmise aux services d'inspection.

Morceaux de bois coincés dans la trémie

L'installation n'est pas équipée de moyens de criblage dans les zones de réceptions de matières.

Les paliers font l'objet d'une maintenance. Elle est réalisée en interne. La dernière maintenance préventive sur ces paliers a eu lieu 4 mois avant l'accident. Entre chaque maintenance préventive, une ronde visuelle est effectuée tous les jours par un rondier qui n'a rien détecté de particulier.

L'enquête accident a également révélé que les équipements (dépoussiéreur, systèmes de convoyage, trémie et dépoussiéreur) ne sont pas reliés à la terre. L'équipotentialité entre ces équipements n'est donc pas correctement assurée et des étincelles électrostatiques ont pu se produire.

La bande transporteuse au niveau de sa jetée dans la trémie est équipée d'un dépoussiéreur. Ce dépoussiéreur décolmate la poussière accumulée à fréquence régulière dans la trémie. Cette poussière peut être réinjectée sous forme de « gâteau » mais il arrive parfois, notamment quand le système de convoyage tourne à vide, que le dépoussiéreur rejette un peu de poussière en suspension dans la trémie.

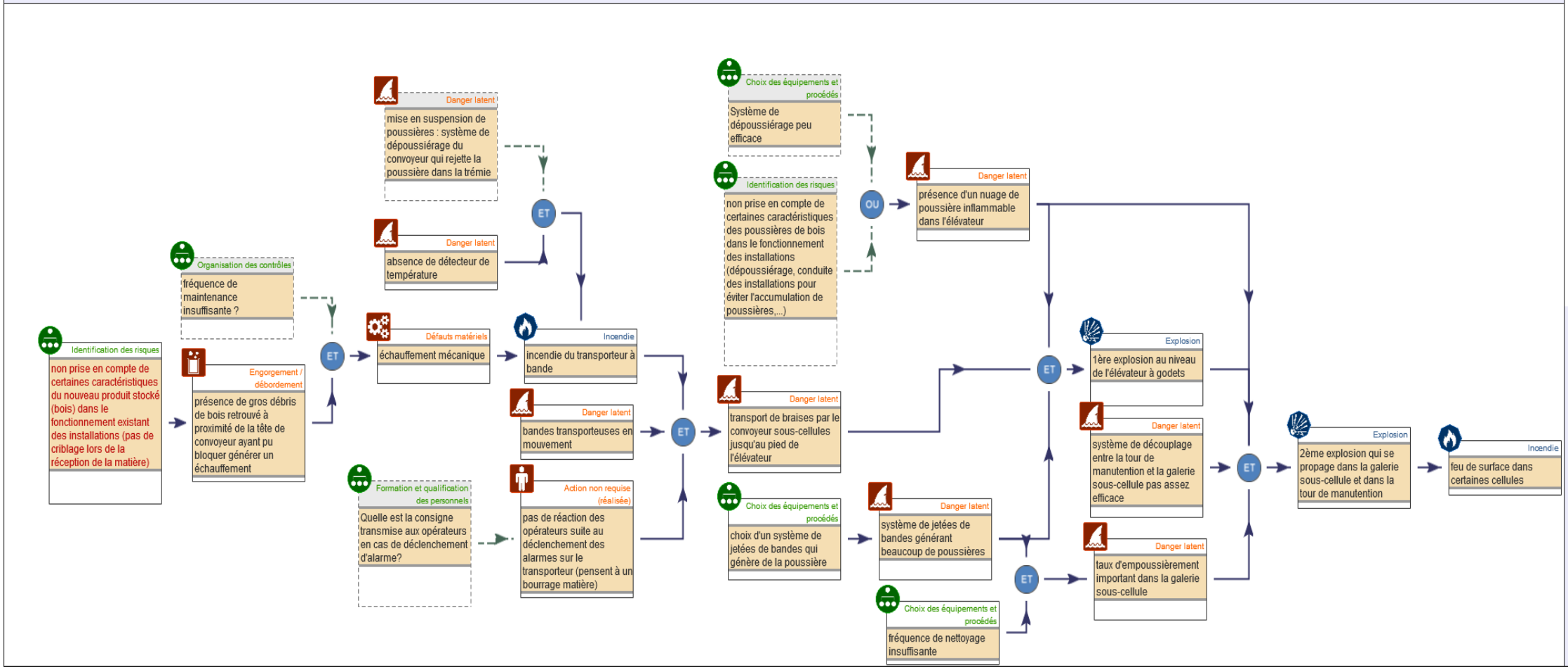
Le jour de l'accident il est possible que la poussière réintroduite ait participé à attiser le feu.

D'après l'inspection, le site est plutôt empoussiéré et les cibles au sol sont régulièrement recouvertes de poussières. Cet état des installations est confirmé par l'analyse post-accidentelle La galerie sous-cellule est nettoyée tous les 45 jours par branchement d'un système d'aspiration. La dernière opération de nettoyage de la galerie sous-cellule a eu lieu 15 jours avant l'accident, selon les dires de l'exploitant.

Exemple d'empoussièrement de la galerie sous-cellule

La modélisation graphique de l'accident permet de mettre en évidence des causes organisationnelles avérées et supposées (en pointillé) :

ARIA 51118 - Explosion de poussières et incendie dans un silo portuaire



La modélisation de l'accident permet de mettre en évidence certaines causes organisationnelles :

- aucune **analyse de risque** n'a été réalisée suite au stockage d'un nouveau produit (les pellets de bois). Pourtant le bois et les céréales ont des caractéristiques physiques et d'inflammabilités différentes. Cette analyse de risque aurait permis d'identifier les adaptations de process et d'équipements à réaliser ;

- des **choix d'équipements** mal adaptés pour prévenir les situations à risque. Par exemple : les jetées de bandes propices à la création de poussière ou alors l'absence de détecteurs de température sur certains transporteurs ou encore l'absence de systèmes de criblage au niveau des zones de réception alors que des matériaux aux dimensions non conformes peuvent y être reçus ;

- **un empoussièrement** des installations important pouvant être lié à des **fréquences de nettoyage** insuffisantes ;

- face à la réaction des opérateurs suite au déclenchement des alarmes, un point sur **la formation des opérateurs et les consignes** transmises semble nécessaire. En effet sans visuel au poste de commande et sans levée de doute, les opérateurs ont mal interprété une alarme (incendie et non pas bourrage de matière) et ne pouvaient donc pas avoir une réaction appropriée pour éviter l'accident ou pour avertir les opérateurs présents dans la zone à risque ;

- l'effondrement du palier au niveau de la tête du transporteur à bande pose la question des **conditions de réalisation de la maintenance**. La fréquence de maintenance est-elle suffisante ? Les critères définis pour cette maintenance sont-ils adaptés notamment au changement de produits sur le site ?;

- un système de **découplage** est présent entre la galerie sous-cellules et la tour de manutention, pourtant l'explosion a tout de même pu se propager de la tour de manutention à travers la galerie sous-cellules. Ce point n'a pas été étudié dans le rapport d'accident et il n'est donc pas possible de savoir si le système de découplage était correctement installé ou pas.

L'existence de barrières de sécurité comme la présence d'évents et de surfaces soufflables a permis de limiter les conséquences de cet accident en évacuant la pression et en évitant un effondrement des structures.

LES SUITES DONNÉES

L'exploitant prévoit :

- d'équiper toutes ses zones de réception d'un système de criblage par maillage 40/40 pour éviter de stocker des matières aux dimensions non conformes risquant de générer des échauffements ;
- de concevoir des transitions plus douces avec des amortisseurs au niveau des jetées de produits, entre les différents procédés de façon à éviter les mises en suspension de matière ;
- une nouvelle procédure de nettoyage a été rédigée et une personne supplémentaire a été affectée à cette tâche.

LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

Cet accident permet de mettre en évidence l'intérêt de réaliser des analyses de risque à chaque modification sur un site industriel. Des adaptations de process techniques et organisationnels sont souvent à prévoir.

Les nouveaux risques induits par le stockage et transfert de bois n'ont pas été analysés alors que le process était conçu et entretenus pour un stockage et transfert de céréales uniquement.

L'accident permet également de rappeler l'importance de la surveillance de l'état d'empoussièrement des installations. La présence de poussières constitue un risque bien connu mais parfois encore sous-estimé par les exploitants de silos.

De manière générale la maintenance des équipements apparaît également comme un point important pour éviter la survenu des événements dans les silos. Dans cet accident, le simple contrôle visuel n'a pas permis de détecter l'effondrement de pallier qui allait se produire. L'absence de suivi ou de traçabilité de ces opérations de maintenance ne permettent d'en garantir ni leur réalisation, ni leur contrôle.

Les rappels concernant la formation des opérateurs, la mise à jour de consignes sont également des points importants dans la gestion de la sécurité sur un site. Cela permet aux opérateurs d'avoir les réactions appropriées face au risque. Des exercices peuvent utilement être réalisés pour ancrer des automatismes.

Les équipements de prévention du risque explosion ont joué un rôle très positif dans cet accident, notamment les évents et surfaces soufflables qui ont permis d'évacuer la pression au moment de l'explosion. Cette remarque est à nuancer concernant le découplage présent entre la tour de manutention et la galerie sous-cellule. Celui-ci n'ayant pas permis d'éviter la propagation de l'explosion, des investigations complémentaires auraient-été utiles pour comprendre ce qui a dysfonctionné.

Sources :

Présentation INERIS – Mai 2018 – DRA-18-175131-04842A

Rapport d'inspection suite à accident daté du 01 mars 2018

Rapport d'accident de l'exploitant daté du 14 mars 2018 (réf :JR/CA 180301)