

Grave explosion dans un silo de cellules verticales ouvertes

6 juin 2018

Strasbourg (67)

France

Silos
Explosions
Poussières
Céréales

LES INSTALLATIONS CONCERNÉES

Le site :

Le site est situé dans la zone industrielle et portuaire le long du canal du Rhin. Il est classé sous le régime de l'autorisation au titre des rubriques n° 2160 (silos) et 2910 (installations de combustion) de la nomenclature des installations classées.

Le site est une installation de stockage et séchage de céréales de capacité totale équivalente à 219 152 m³. Il est constitué de 3 installations de stockage :

- un silo vertical béton, 2 séchoirs, une plateforme d'expédition par route, fer et fluviale ;
- un silo vertical en cellules ouvertes béton et métal (silo comble), 6 séchoirs, une plateforme d'expédition par route fer et voie fluviale ;
- un silo plat en béton.

Un poste de détente de gaz (40 bars) pour l'alimentation des séchoirs est adossé à la partie en acier du « silo comble », donc face à la route. La rue du Rhin Napoléon se situe entre 6 et 16 m de la paroi du silo et la rue du Havre entre 35 et 50 m de la paroi du silo.



Figure 1 : Environnement du site

L'unité impliquée :

L'installation impactée est de type « silo comble ». Elle est constituée de deux ensembles de cellules verticales ouvertes :

- 9 cellules en béton de 16 m de hauteur datant de 1988 ;
- 16 cellules métalliques de 18 m de hauteur datant de 1995 ;

Les cellules bétons sont adossées à une tour de manutention de 66 m de hauteur.

La toiture en fibrociment s'élève à 36 m de hauteur. L'espace sous-toiture est séparé après les cellules béton par une paroi bac acier qui comprend des portes pour assurer un passage entre les deux espaces sur-cellules (espace sur-cellules béton et espace sur-cellules métalliques). Un convoyeur sous-toiture dessert les cellules en traversant la paroi bac acier.

Les cellules béton sont séparées des cellules métalliques par un espace intercellulaire qui abrite les ventilateurs et les gaines de ventilation des silos. Cet espace est ouvert sur l'espace sous-toiture des cellules métalliques. Une paroi bac acier sépare la galerie sur-cellules béton de l'espace inter-silo.

Sous chacune des tranches de cellules (béton et métal) se trouvent des galeries permettant le soutirage des grains et leur ventilation :

- les 3 galeries sous-cellules béton. La galerie centrale est ouverte en permanence du côté de la fosse de la tour de manutention. Elle n'a pas d'accès à l'espace inter-cellule. Les deux autres galeries sont ouvertes à la fois du côté de la fosse de la tour de manutention et du côté de l'espace inter-cellule ;
- les 2 galeries sous-cellules métalliques sont équipées de portes métalliques assurant la séparation entre l'espace inter-silo et les galeries. Des dalles béton assurent à l'autre extrémité la séparation entre la galerie et l'extérieur.

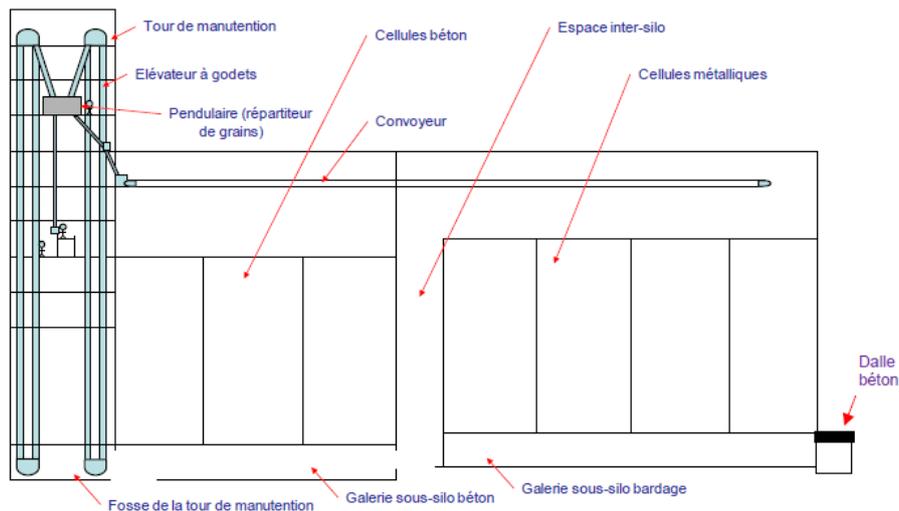


Figure 2 : Vue en coupe de l'installation (INERIS-DRA-18-173380-06653B)

La capacité de ce silo est de 60 000 t de maïs. Le jour de l'accident, le silo contenait 24 500 t de maïs réparties de la manière suivante :

Tour de manutention	vide	1100 T MAÏS	1400 T MAÏS
	vide	vide	vide
	115 T ORGE	vide	1000 T MAÏS
	1100 T MAÏS	1400 T MAÏS	1400 T MAÏS

Figure 3 :

2100 T MAÏS	2100 T MAÏS	2100 T MAÏS	800 T MAÏS
2300 T MAÏS	vide	vide	vide
vide	2300 T MAÏS	2000 T MAÏS	vide
vide	2100 T MAÏS	1370 T MAÏS	vide

Répartition des quantités de céréales stockées et emplacement des cellules vides avant l'accident

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

Mécanisme de propagation de la flamme dans le cas d'explosion de poussières combustibles:¹

Lorsque de la poussière combustible, mise en suspension rencontre une source d'inflammation, une flamme s'initie. Lors des premiers instants du développement de la flamme, une onde de surpression se crée, mettant en mouvement l'atmosphère à proximité. Cette onde de pression met en suspension la poussière déposée au sol ou sur les équipements. La flamme se propage dans le nuage de poussière nouvellement mis en suspension, alimentant l'onde de pression qui met à nouveau en suspension de la poussière. Ainsi, la flamme se déplace de proche en proche. Ceci permet à l'explosion de se développer tant qu'il y a de la poussière à mettre en suspension.

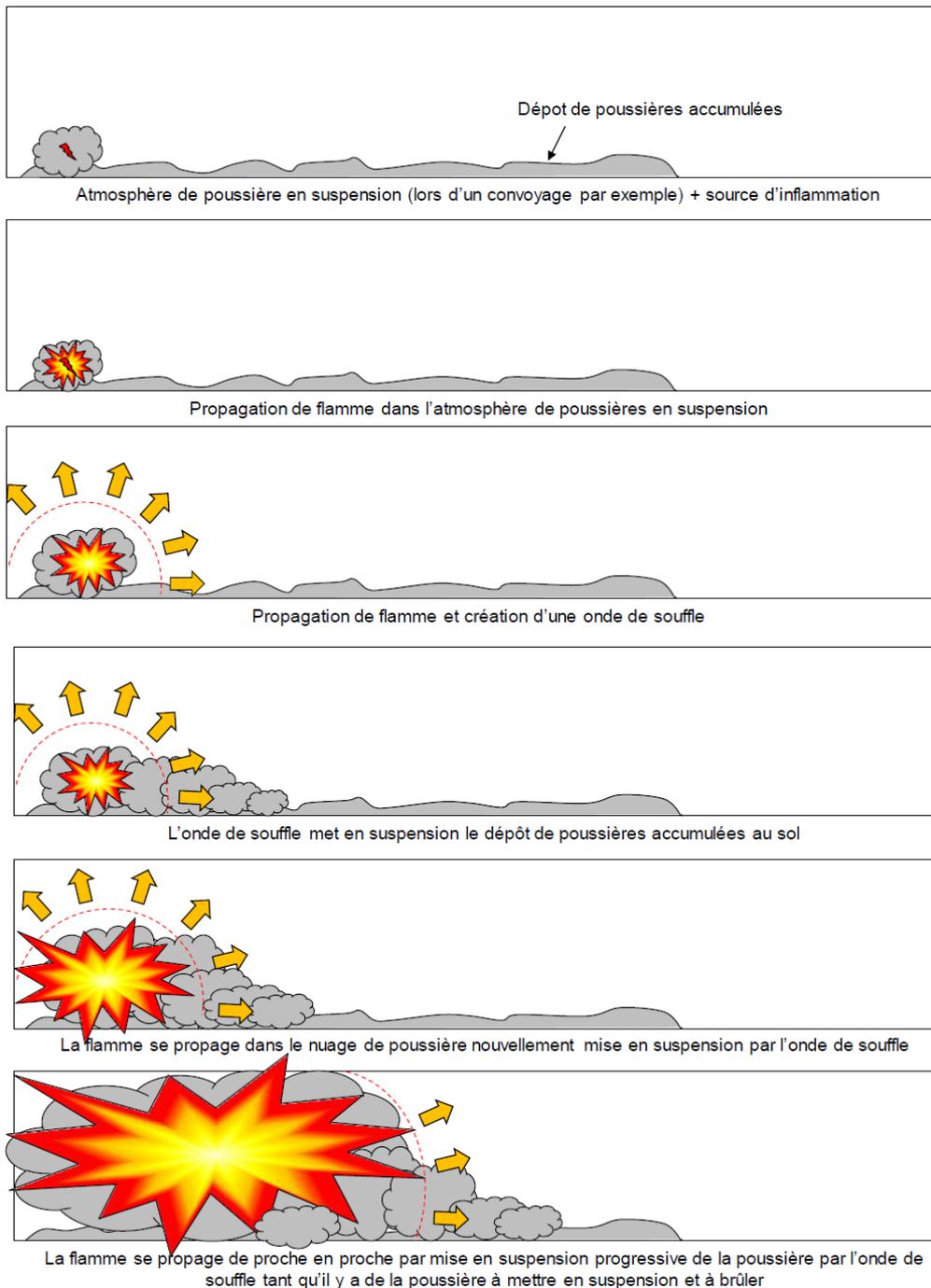


Figure 4 : Mécanisme d'explosion de poussière (INERIS-DRA-18-173380-06653B)

¹ Paragraphe tiré du rapport de l'INERIS (INERIS-DRA-18-173380-06653B)

Déroulé de l'accident :²

Le matin du 6 juin, l'installation est à l'arrêt pour des opérations de maintenances planifiées. Le système de dépoussiérage n'est pas en fonctionnement. Aucune opération de convoyage ou de soutirage des grains n'est réalisée.

Des travaux de soudure sont programmés dans la tour de manutention sur le système de distribution des grains (niveau 4 de la tour).

Au même moment une opération de nettoyage du pendulaire au niveau 7 de la tour de manutention a lieu. Ces travaux sont réalisés par soufflage d'air comprimé.

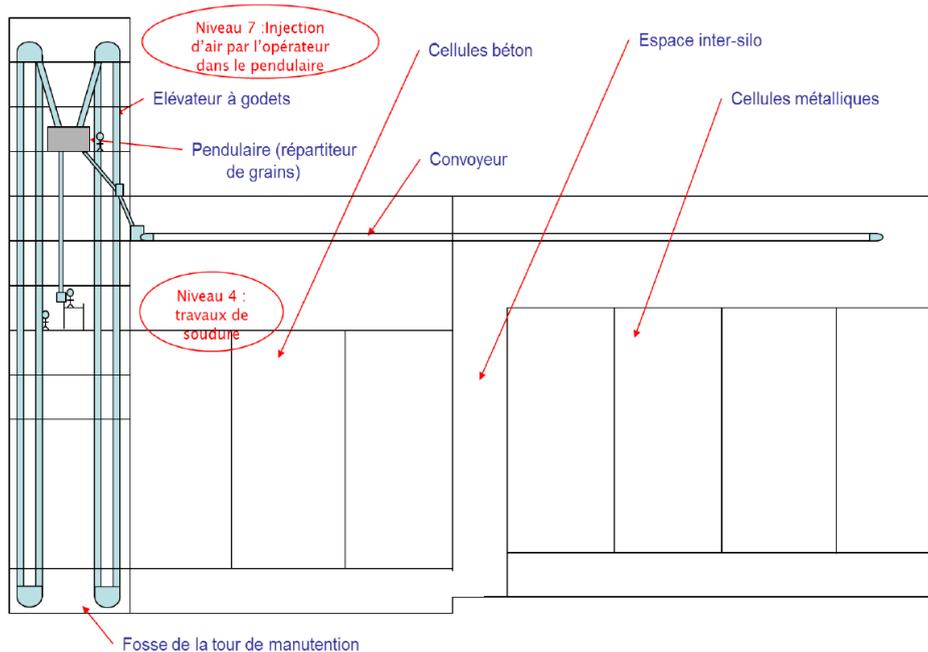


Figure 5 : Vue schématique de l'installation-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

Vers 9h20, une explosion survient au niveau de la zone de soudure. Cette source d'inflammation a rencontré un nuage de poussière en suspension en quantité suffisante dans un milieu confiné pour initier l'explosion.

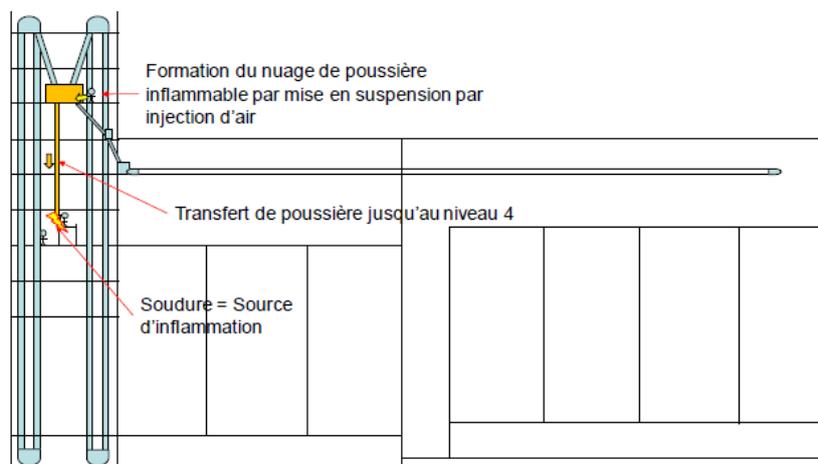


Figure 6 : Propagation de la flamme (1)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

² Paragraphes tirés du rapport de l'INERIS (INERIS-DRA-18-173380-06653B)

La transmission de l'explosion primaire dans la tour vers les silos a pu avoir lieu depuis le pendulaire dans le réseau de distribution de grains et dans le système d'aspiration jusqu'à la tête du convoyeur installé dans le silo béton. Le système de convoyage qui y déverse normalement les grains est endommagé par le souffle et des traces de combustion sont visibles. Cela a mis en suspension la couche de poussière dans la galerie sur-cellules béton. L'inflammation de ce nuage s'est faite par la flamme arrivant au niveau du convoyeur.

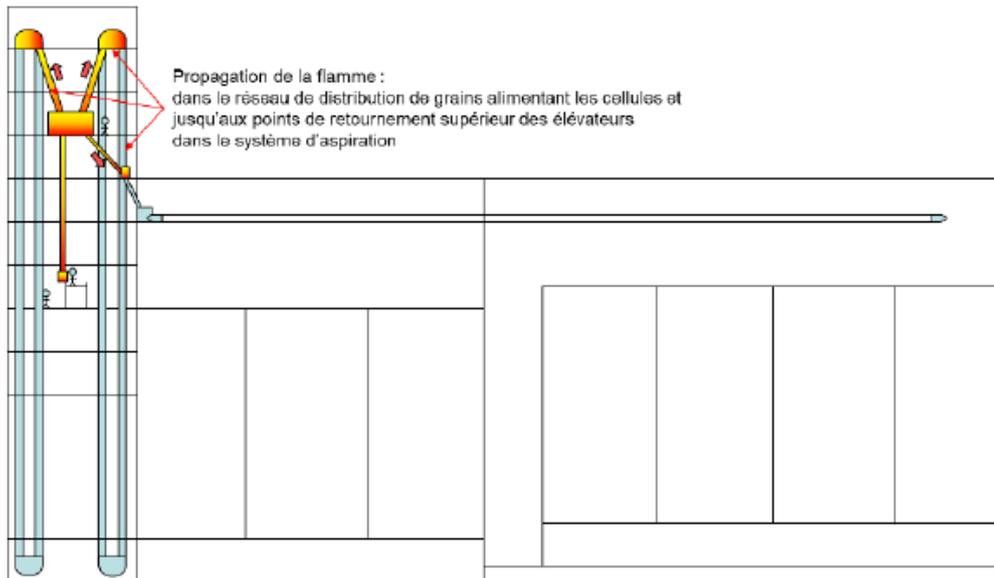


Figure 7 : Propagation de la flamme (2)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

En parallèle, depuis le pendulaire, la flamme s'est propagée dans le réseau de distribution de grains alimentant les cellules et dans le système d'aspiration jusqu'à la tête des élévateurs (niveau 8 de la tour). Puis cette propagation de la flamme s'est poursuivie dans les élévateurs provoquant l'ouverture des gaines des élévateurs sur toute la hauteur de la tour (notamment jusqu'aux pieds des élévateurs situés en fosse). Dans la fosse de la tour de manutention, la surpression, est remontée vers le rez-de-chaussée de la tour de manutention projetant des plaques métalliques recouvrant la fosse.

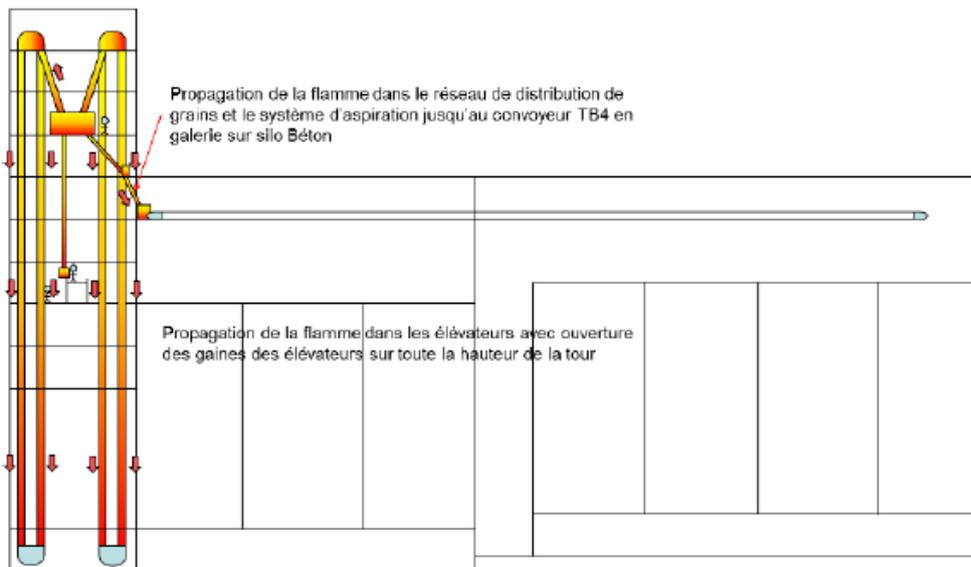


Figure 8 : Propagation de la flamme (3)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

La mise en suspension d'un nuage de poussière dans la galerie sur-cellules béton et l'inflammation de celui-ci a également pu s'effectuer via la porte de séparation entre la tour de manutention et la galerie sur-cellules (celle-ci était ouverte vers la galerie sur-cellule).

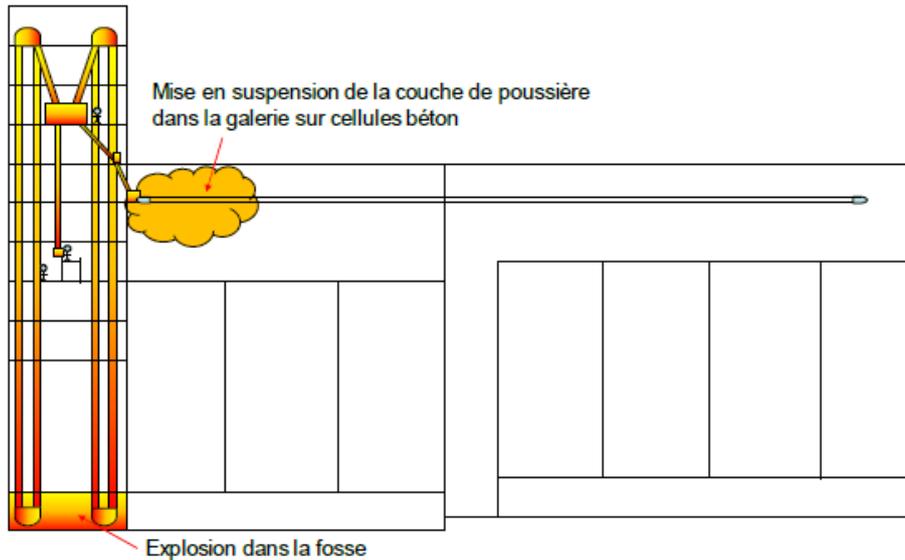


Figure 9 : Propagation de la flamme (4)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

Lors de la transmission de la flamme de la tour vers le silo béton, de la poussière est mise en suspension. Lorsque la flamme arrive, le nuage de poussière s'enflamme dans la galerie sur-cellules béton. L'onde de pression générée met à nouveau de la poussière en suspension et la flamme se propage de proche en proche jusqu'à la paroi bac acier séparant la galerie sur-cellules béton de l'espace inter-silo entraînant l'ouverture de la toiture et la projection des tuiles en fibrociment.

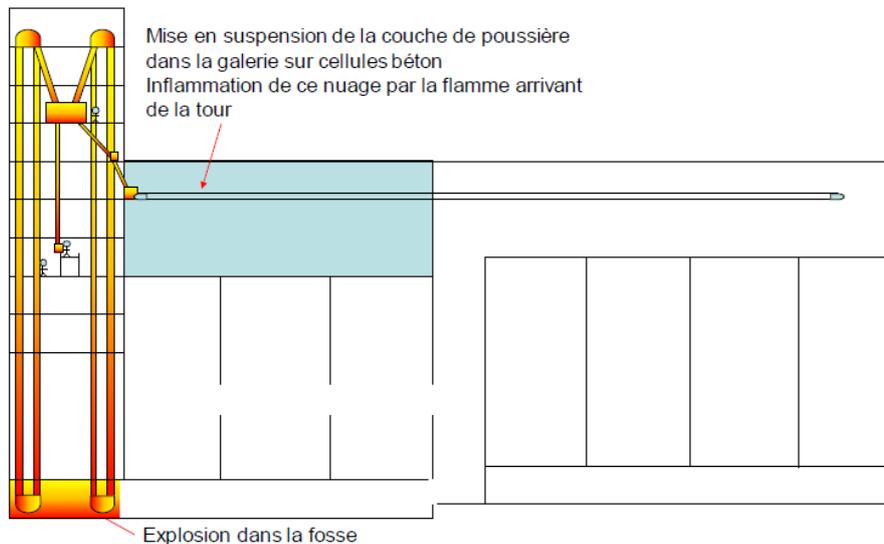


Figure 10 : Propagation de la flamme (5)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

Parallèlement, l'ouverture des élévateurs dans la fosse de maintenance a pu pressuriser la fosse et générer une onde de surpression qui s'est propagée dans les galeries sous-cellules béton.

La transmission de l'onde de pression et de la flamme de la galerie sur-cellules béton à l'espace inter-silo et à la galerie sur-cellules métalliques met en suspension la poussière accumulée dans la partie supérieure de l'espace inter-silo et la poussière accumulée dans la galerie sur-cellules métalliques.

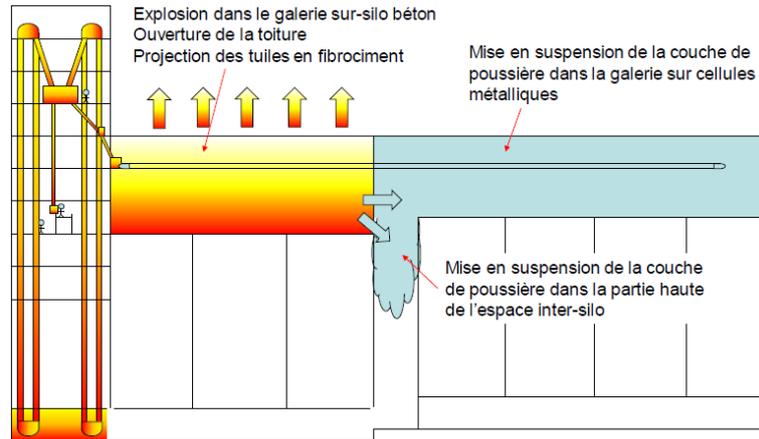


Figure 11 : Propagation de la flamme (6)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

L'intensité de l'onde de pression générée par la transmission de la flamme en partie haute de l'espace inter-silo ainsi que l'onde de surpression se propageant dans les galeries sous-cellules béton n'est pas suffisamment puissante pour mettre en suspension la poussière accumulée dans la partie basse de l'espace inter-silo.

En revanche, en raison de l'empoussièrément du silo métal, la flamme se propage de l'espace inter-silo dans toute la galerie sur-cellules métalliques entraînant l'ouverture de la toiture et la projection des tuiles en fibrociment. Cette propagation met en suspension de la poussière dans les cellules vides du silo métal.

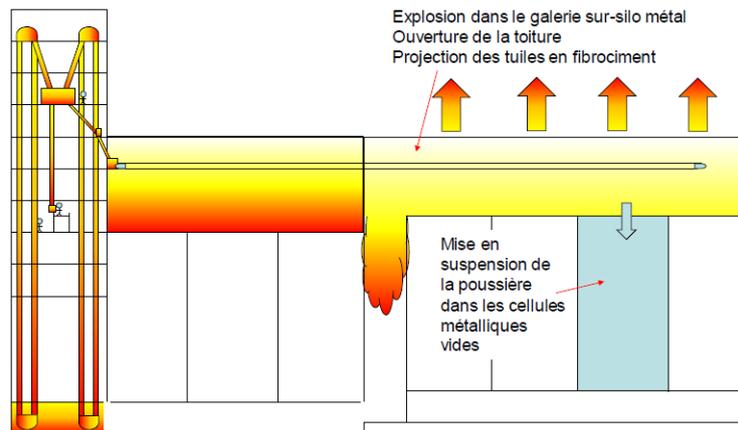


Figure 12 : Propagation de la flamme (7)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

Lorsque la flamme se propageant dans la galerie sur-cellules métalliques atteint le nuage de poussière formé dans la cellule vide, celui-ci s'enflamme.

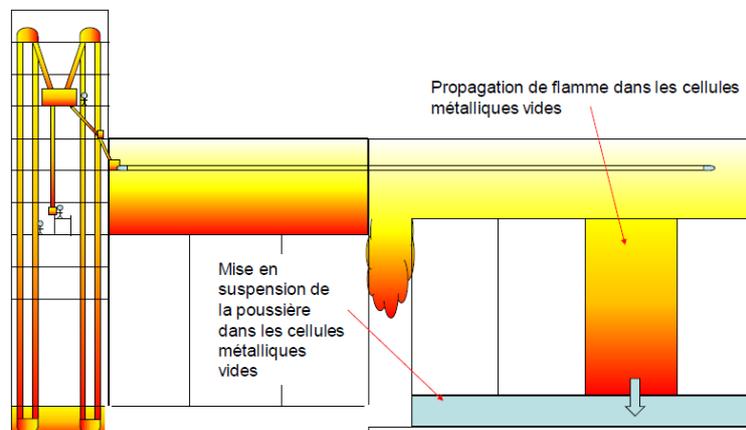


Figure 13 : Propagation de la flamme (8)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B

La propagation de la flamme dans ces cellules vides puis dans les galeries sous-cellules métalliques s'accélère fortement. Cela entraîne la projection violente de la porte donnant dans l'espace inter-cellule. L'onde de surpression générée lors de la propagation de la flamme dans les galeries sous-cellules métalliques décolle la poussière accumulée dans le fond de l'espace inter-silo et crée un nuage très turbulent. Celui-ci est mis à feu par la flamme qui sort à grande vitesse de la galerie et se propage dans l'ensemble de l'espace inter-silo.

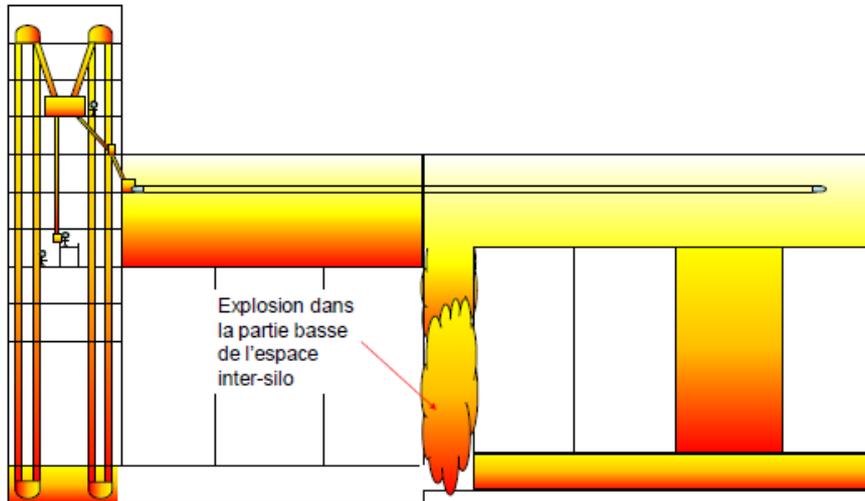


Figure 14 : Propagation de la flamme (9)-rapport INERIS n°DRA-18-173380-06653B



Vue du silo après l'explosion

La surpression générée au cours de cet accident augmente au fur et à mesure que l'explosion se propage :

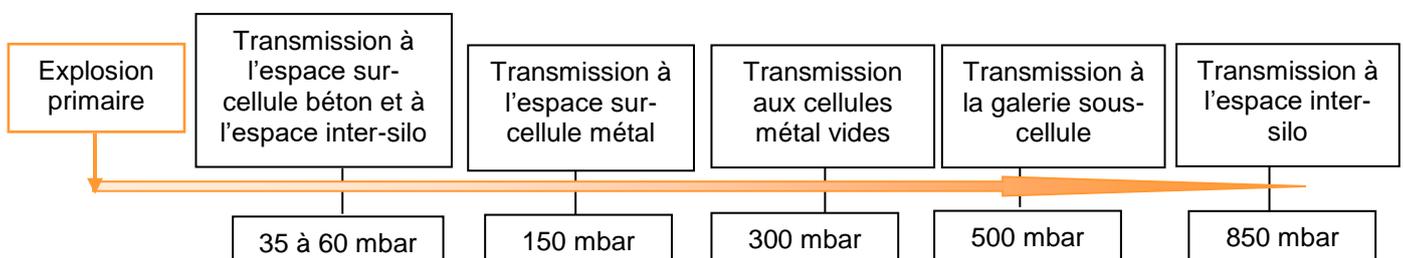


Figure 15 : évolution des effets de surpression au cours de l'accident

L'intervention post-accident :

135 pompiers ont été mobilisés sur cet accident. Un périmètre de sécurité de 200 m est rapidement mis en place. Une dizaine d'écoles, jusqu'à 1 km à la ronde, et les entreprises voisines sont confinées durant la matinée. Suite à la pulvérisation de la toiture en fibrociment, des mesures d'amiantes et l'évacuation des débris sont entrepris.

Mesures d'amiantes :

Des mesures d'amiante dans l'air ambiant et dans 5 entreprises voisines sont réalisées. Des préleveurs ont été placés de 18h30 le 6 juin à 4h00 le 7 juin. Le périmètre d'implantation a dépassé celui prescrit (rayon de 300 mètres) puisque des préleveurs ont été placés jusqu'à 1,2 km du silo. Les prélèvements ont été faits à l'extérieur uniquement.

Les résultats rapportés ne montrent pas de dépassement de la valeur de 5 fibres/litre inscrite au code de la santé publique (teneur maximale admissible dans les bâtiments). Tous les résultats sont très inférieurs et dépassent seulement en trois points le seuil de quantification de la méthode de mesure.

Nettoyage des voies publiques :

L'exploitant a fait nettoyer les voies publiques pour enlever les débris amiantés. Les travaux commencent dès le 6 juin vers 15h30 jusqu'au lendemain de l'explosion.

Le dégagement des voies de circulation a permis d'éviter la mise en suspension de particules du fait de l'écrasement de fragments par les véhicules.

D'autres interventions sont nécessaires dans l'emprise du site accidenté :

Déplacement des stocks d'engrais en big bag :

Des engrais, récemment déchargés d'une barge et stockés à proximité du silo, sont évacués le jour même de l'accident pour éviter un sur-accident.

Mise en sécurité de l'alimentation gaz :

La mise en sécurité de l'alimentation en gaz, accolée au silo, est réalisée très rapidement au moment de l'intervention des pompiers après l'explosion, suite à la détection d'une fuite de gaz.

Vidange des silos :

Le maïs présent dans les cellules est arrosé pendant 4 jours pour maîtriser les foyers persistants.

La vidange des cellules est donc nécessaire compte tenu du risque de fermentation du maïs humide et du risque d'effondrement des structures fragilisées, encore remplies.

D'importants moyens sont mis en place : analyse de résistance structurelle du silo par le CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Métallique). Un plan de retrait amiante est planifié avant vidange des cellules. La durée des travaux de vidange s'étale jusqu'en janvier 2019 compte tenu de toutes les contraintes techniques (présence d'amiante et risque d'effondrement des structures).

Les conséquences :

Conséquences humaines :

L'accident a fait 3 blessés graves : 2 sous-traitants et 1 opérateur du site.

Un deuxième opérateur est légèrement blessé. Il a été projeté à l'intérieur de l'ascenseur qu'il souhaitait prendre.

Conséquences matérielles :

Des morceaux de la toiture en fibrociment sont projetés jusqu'à 300 m. Les équipements de manutention sont fortement impactés. Des dalles de béton sont soulevées et retournées au niveau de la galerie inférieure.

L'INERIS s'est déplacé juste après l'accident et a répertorié les dégâts dans un tableau de synthèse de leur rapport d'étude (INERIS-DRA-18-173380-06653B) repris dans cette fiche détaillée :

Partie de silo	Dégâts importants constatés
Tour de manutention	Décrochement et chute de 95% des fenêtres de la tour. Projection des bacs aciers formant la toiture de la tour et endommagement des lisses. Traces de combustion à tous les étages de la tour. Ouvertures des élévateurs et des têtes d'élévateurs sur toute la hauteur de la tour. Projections de certaines plaques boulonnées constitutives des gaines des élévateurs.

Partie de silo	Dégâts importants constatés
	<p>Endommagement et désaxement de certaines portes d'ascenseur.</p> <p>Endommagement de certaines conduites du circuit de distribution des grains par projection des plaques boulonnées des gaines des élévateurs (niveau 4).</p> <p>Endommagement (décrochement et chute) de certaines tuyauteries du circuit d'aspiration (niveau 6 et niveau 8 notamment).</p> <p>Déformation de capotage de transporteur à chaînes (niveau 3).</p> <p>Pas de dommage significatif au niveau des palplanches constitutives de la tour de manutention et sa structure porteuse.</p>



Toiture de la tour de manutention



Porte ascenseur au niveau 1



Plaques de la tête de l'élévateur déformées et en partie arrachées



Elévateur au niveau 4



©INERIS

Collecteur (niveau 4), lieu de soudure

Partie de silo	Dégâts importants constatés
Cellules béton	Une forte combustion de la poussière présente est constatée.
Galerie sur-silo béton	Importante trace de combustion au niveau de 2 convoyeurs à bandes. Endommagement mécanique des passerelles. Toiture soufflée à 80%. Projection des tuiles en fibrociment. Endommagement de la paroi en bac acier séparant le silo béton du silo métallique. La paroi est encore partiellement en place.
Galerie sous silo béton	Pas de dégâts constatés. Quelques traces de combustion dans la galerie centrale côté espace inter silo.



©INERIS

Porte d'accès entre la tour et le silo béton (vue du silo)

A noter l'ouverture de cette porte dans le mauvais sens. Elle ne permet pas d'assurer un découplage entre la galerie de manutention et le silo béton.



Bandes transporteuses dans le silo béton

Partie de silo	Dégâts importants constatés
Espace inter-silo	Importantes traces de combustion dans l'ensemble de l'espace inter-silo. Chutes de passerelles au sol. Endommagement et déplacement des ventilateurs de soufflage. Déformation mécanique des gaines de soufflage. Projection d'une des passerelles sur la toiture du silo béton. Importantes déformations mécaniques (~ 2 m) des parois des cellules vides jouxtant l'espace inter-silo.



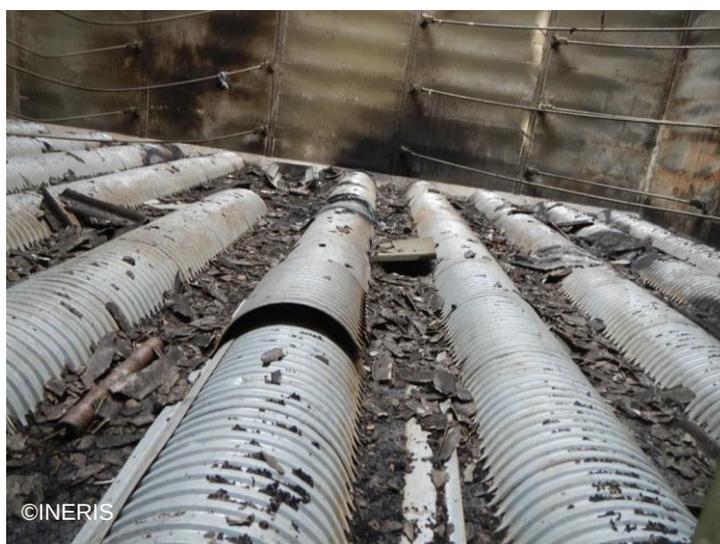
Vue de l'espace inter-silo depuis le convoyeur au niveau de la galerie sur-silo



©INERIS

Vue de l'espace inter-silo depuis le bas avec traces de combustion en face de l'accès à la galerie sous-cellules métalliques

Partie de silo	Dégâts importants constatés
Galerie sur-cellules métalliques	Importante trace de combustion. Endommagement mécanique des passerelles. Toiture soufflée à 100%. Projection des tuiles en fibrociment. Endommagement de la paroi métallique constituant le pignon opposé à la tour de manutention.
Cellules métalliques	Traces de combustion présentes dans les cellules vides. Déformations des tirants permettant le maintien des parois des cellules. Importantes déformations mécaniques (~ 2m) des parois des cellules vides jouxtant l'espace inter-silo.
Galerie sous-cellules métalliques	Traces de combustion présentes dans la galerie. Déformation et projection de la porte de la galerie dans l'espace inter-silo. Endommagement important du convoyeur à chaîne. Projection de la dalle de béton obstruant les fosses à l'extrémité des galeries sous-cellules. Importantes déformations mécaniques de la trappe séparant la fosse et la galerie.



©INERIS

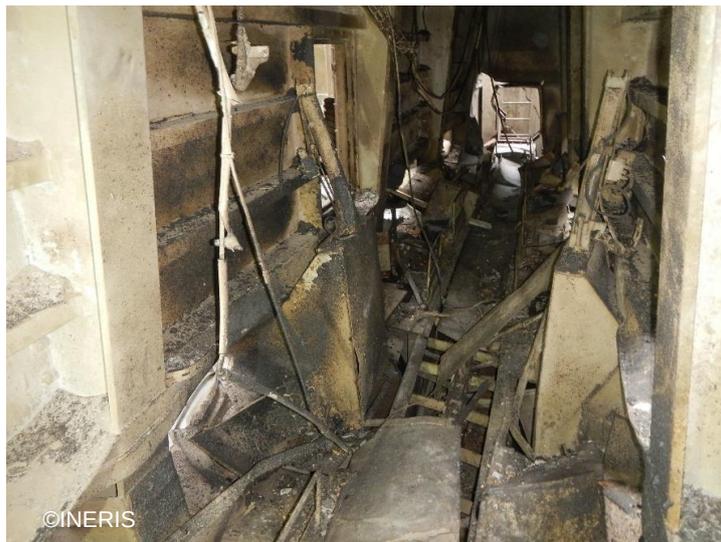
Intérieur des cellules métalliques après l'accident



Déformation du châssis support de la porte



Projection et déformation de la porte



Galerie sous-cellules métalliques au niveau des deux cellules vides

Conséquences sociales :

Une dizaine d'écoles restent confinées toute la matinée.
Des axes routiers sont fermés sur plusieurs centaines de mètres.
Les entreprises voisines sont évacuées.
Des morceaux de la toiture en fibrociment sont projetés jusqu'à 300 m.

Conséquences économiques :

Le coût des dommages matériels, des pertes d'exploitation (silo inutilisable, une partie des céréales contaminées par des déchets amiantés) et des travaux de remise en état du site (désamiantage, vidange, reconstruction) s'élèvent à plus de 10 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		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences humaines et sociales		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences environnementales		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conséquences économiques		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

Les effets de l'explosion n'ayant pas été caractérisés en termes d'équivalent TNT ce paramètre n'est pas renseigné. L'accident ayant généré des blessures graves à 3 opérateurs ainsi que le confinement de 10 écoles et plusieurs entreprises pendant 3 heures, le niveau global de l'indice «conséquences humaines et sociales» atteint par conséquent le niveau 3.

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

Le coût des dommages matériels étant supérieur à 10 M€, le paramètre des conséquences économiques atteint par conséquence le niveau 4.

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

Lors de sa visite post-accidentelle, l'INERIS constate un très fort taux d'empoussièremment dans l'ensemble des installations. Dans la tour de manutention, cet empoussièremment est compris entre 1 et 5 mm avec une forte accumulation à proximité des parois du silo ou de la tour de manutention.



©INERIS
Empoussièremment, niveau 3 de la tour de manutention



©INERIS
Empoussièremment, niveau 6 de la tour de manutention



Empoussièrément, niveau 9 de la tour de manutention

Un empoussièrément important est également constaté dans le silo béton :



Empoussièrément, cellule béton

Le rapport INERIS a montré que le taux d'empoussièrément était important et que la propagation de l'explosion se fait par mise en suspension d'un nuage de poussière. Ce taux d'empoussièrément a donc permis la propagation de l'explosion.

La porte située entre la tour de manutention et la galerie sur-cellule n'a pas pu jouer son rôle de découplage puisqu'elle était ouverte sur la galerie sur-cellules béton après l'explosion. Cette ouverture contraire au sens prévu à la conception s'explique par les dommages causés au chambranle de la porte. Cette ouverture a sans doute contribué à la propagation de l'explosion par la mise en suspension d'un nuage de poussière dans la galerie sur-cellule béton.



Chambranle déformé

Une des sources d'ignition vraisemblable de l'explosion pourrait être la soudure réalisée au niveau 4 de la tour de manutention. Cette source d'ignition aurait rencontré un nuage de poussière en suspension en quantité suffisante dans un milieu confiné pour initier l'explosion.

La poussière en suspension pourrait provenir de l'opération de nettoyage en cours dans le pendulaire. L'exploitant a précisé aux services d'inspection que l'utilisation de la soufflette était tolérée pour 4 types d'usage :

- le nettoyage des moteurs lorsque le silo est à l'arrêt ;
- le soufflage des superstructures lorsque le silo est à l'arrêt ;
- le nettoyage des dièdres des séchoirs à l'issue de la campagne de séchage ;
- le soufflage des vêtements salis par les poussières hors zones dangereuses.

Les autorisations d'utilisation de la soufflette en silo n'étaient données qu'oralement. Les soufflettes étaient rangées dans un local non fermé, accessible aux opérateurs. Par ailleurs le contrôle de l'utilisation de la soufflette par le responsable du silo est peu probable compte tenu du nombre de site (10) et de l'éloignement géographique des sites que le responsable a en charge. Le jour de l'accident le responsable de site n'était pas présent et les travaux ont été réalisés sans encadrement hiérarchique. Le service d'inspection a constaté que la consigne de nettoyage n'est pas explicite en ce qui concerne les usages admissibles et ceux à proscrire pour la soufflette.

La modélisation graphique de l'accident a été réalisée par le BARPI sur la base des hypothèses les plus vraisemblables décrites dans le rapport INERIS. Les causes n'étant pas encore déterminées, la modélisation illustre uniquement des perturbations pouvant être à l'origine de l'accident. L'enquête en cours permettra d'apporter les compléments notamment sur les causes de l'accident :

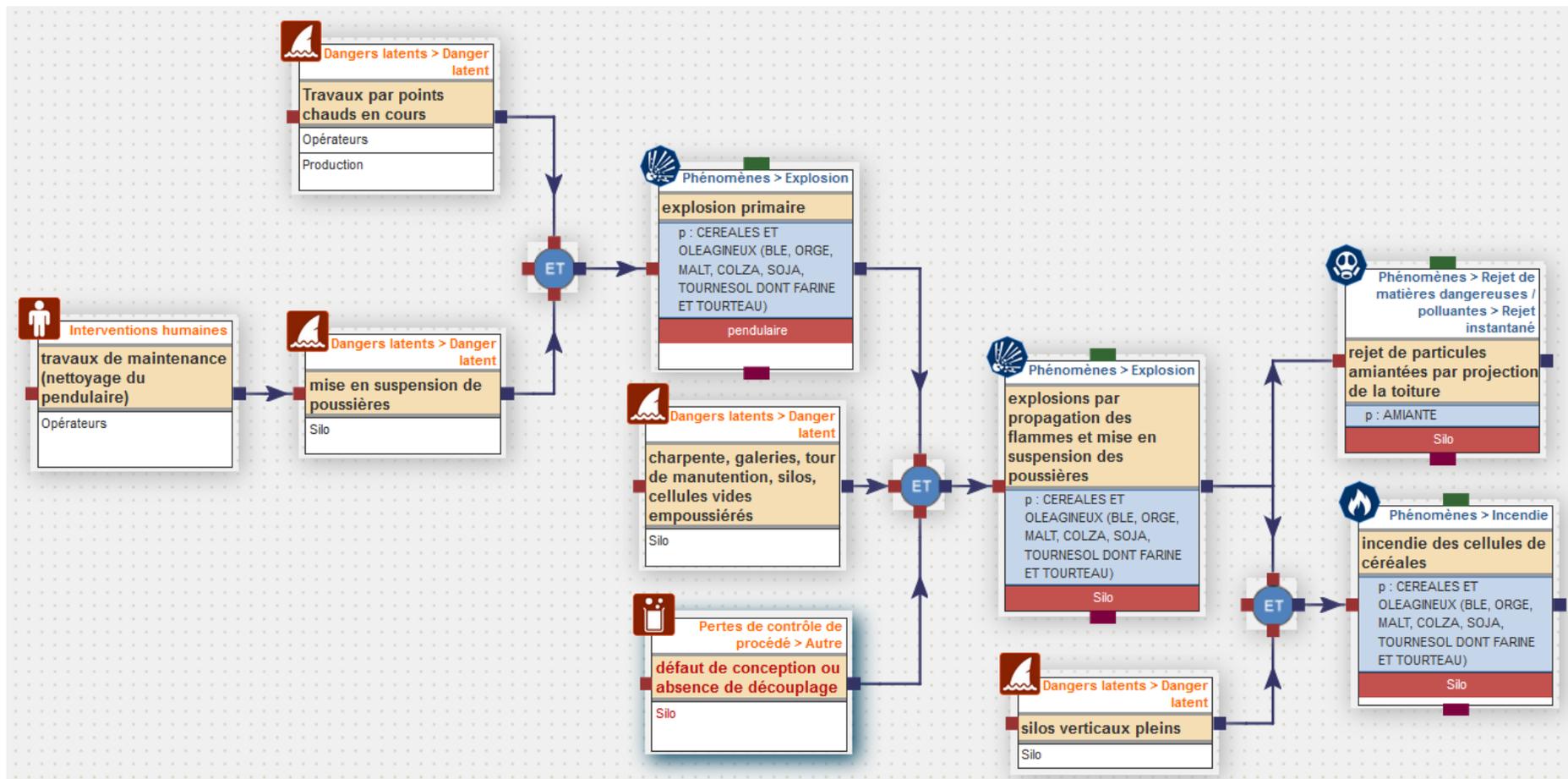


Figure 16 : Modélisation graphique de l'accident issue de la base ARIA

De nombreuses questions restent en suspens :

➤ Au niveau de l'exploitation :

- Est-ce que toutes les étapes relatives à la délivrance d'un permis de feu ont été respectées :
 - identification en concertation avec l'entreprise intervenante de la nature et des risques de l'activité programmée ?
 - les travaux de co-activité avaient-ils été signalés par l'exploitant à l'entreprise intervenante ?
 - les travaux de soudure avaient-ils été signalés aux employés du silo pouvant être impactés par ces travaux ?
 - existe-t-il une procédure de gestion des travaux sur le site ? Les risques liés à la co-activité sont-ils abordés ? De quelle manière ?
 - quelles mesures de prévention, atténuation et protection avaient été définies au préalable des différents travaux réalisés en simultanée pour éviter la survenue d'accident et/ou limiter les conséquences ?
- L'opération de nettoyage du silo était-elle une opération programmée ? Quelles consignes ont été données aux opérateurs pour réaliser cette opération ? L'absence d'encadrement lors des travaux est-il un fonctionnement classique sur ce site ? Comment sont formés les opérateurs à la réalisation de cette tâche ?
- Le personnel du silo et le personnel sous-traitant ont-ils reçu une formation ATEX ?
- Comment l'exploitant s'assure-t-il de répondre aux exigences de l'article 13 de l'arrêté du 29 mars 2004 relatif à la prévention des risques présentés par les silos de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tous autres produits organiques dégageant de la poussière inflammable :

Enoncé de l'article 13 de l'arrêté du 29 mars 2004 :

Tous les silos ainsi que les bâtiments ou locaux occupés par du personnel sont débarrassés régulièrement des poussières recouvrant le sol, les parois, les chemins de câbles, les gaines, les canalisations, les appareils et les équipements et toutes les surfaces susceptibles d'en accumuler.

La fréquence des nettoyages est fixée sous la responsabilité de l'exploitant et est précisée dans les procédures d'exploitations.

Le nettoyage est réalisé à l'aide d'aspirateurs ou de centrales d'aspiration. Ces appareils doivent présenter toutes les caractéristiques de sécurité nécessaires pour éviter l'incendie et l'explosion.

Le recours à d'autres dispositifs de nettoyage tels que l'utilisation de balais ou d'air comprimé doit être exceptionnel et doit faire l'objet de consignes particulières.

➤ Au niveau de la conception :

- Conception des systèmes de découplage : Comment et par qui ont été réalisés les découplages ? Quelles ont été les règles de construction appliquées ? Quelles sont les règles d'exploitation associées à ces systèmes (fermetures de portes,...)
- Alimentation en gaz du silo : l'analyse de risque du silo prenait-elle en compte la présence du poste de gaz à proximité immédiate du silo ?

LES SUITES DONNÉES

Suite à cet événement l'exploitant a dû, dans un premier temps, évacuer les déchets amiantés et vider les cellules pour commencer à reconstruire le silo.

Le risque d'effondrement a été écarté 10 jours après l'intervention du CTICM (Centre Technique Industriel de la Construction Mécanique), soit une vingtaine de jours après l'accident.

Les opérations de désamiantage des cellules ont duré 3 mois. Elles ont été réalisées manuellement.

Une fois que cette opération a été terminée, la vidange des cellules a pu commencer (en octobre) jusqu'à fin janvier 2019. La vidange s'est faite par l'extérieur. Des trous ont été réalisés à différents niveaux des cellules pour permettre une vidange gravitaire. 20 000 t de céréales ont ainsi pu être récupérées.

En 2019, l'exploitant est engagé dans une phase de reconstruction de son silo.

LES ENSEIGNEMENTS TIRÉS

Cet accident permet de rappeler que les silos disposent de zones ATEX et que de ce fait un certain nombre de barrières techniques et organisationnelles doivent être mises en place sur le site pour éviter la survenue d'explosions.

Réduire l'empoussièrement des installations

Le niveau d'empoussièrement du site doit être contrôlé. Le **guide de l'état de l'art sur les silos (version 3) datant de 2008** donne des indications pour apprécier le niveau d'empoussièrement d'un site :

Pour apprécier les quantités de poussières pouvant générer une ATEX poussiéreuse, les indicateurs suivants peuvent être proposés :

- Pour un nuage, si un observateur, bras tendu, ne voit pas son pouce, la concentration de poussières est de l'ordre de 50 g/m³ ;
- Pour les dépôts, si cet observateur, en marchant sur un sol recouvert de poussières laisse des traces de pas, l'atmosphère pourra devenir explosive en cas de mise en suspension. Par ailleurs, des méthodes simples, basées sur l'observation visuelle de cibles placées au sol permettant d'estimer la quantité de poussières déposée. La vue de la cible peut par exemple disparaître lorsqu'un dépôt de 50 g/m² est atteint."

Le rapport d'inspection de l'INERIS (DRA-18-173380-06653B) donne quelques pistes pour améliorer l'efficacité de l'aspiration des poussières sur le site dont notamment :

- réduire les hauteurs de chute des produits dans les silos ;
- cantonner les espaces de fortes productions de poussières vis-à-vis des espaces de manutention/aspiration/ventilation ;
- mesurer en permanence l'efficacité de l'aspiration au niveau des filtres.

Les bonnes pratiques de nettoyage

Par ailleurs le nettoyage des poussières doit se faire en respectant des règles de bonnes pratiques afin d'éviter la mise en suspension de poussières. Ces règles de bonnes pratiques sont également reprises dans le **guide de l'état de l'art sur les silos (version 3) datant de 2008** :

Le nettoyage des poussières doit être réalisé avec des aspirateurs (par le vide).

Le nettoyage manuel des poussières, avec des balais, ou avec des soufflettes doit être exceptionnel (dans le temps). Les consignes de nettoyage doivent le rappeler de façon claire. Si ces moyens sont mis en œuvre, ce doit être avec prudence et de façon encadrée (procédure particulière de type brumisation des surfaces pour éviter la mise en suspension de poussières, réalisation de permis d'intervention, etc,...)

La meilleure solution permettant d'éviter la re-dispersion des poussières pendant le nettoyage des sols, des parois, des appareils, est le nettoyage par aspiration qui peut être réalisé à l'aide d'un aspirateur industriel ou de systèmes de nettoyage centralisé conformes à la directive 94/9/CE, transposée en droit français par le décret n°96-1010.

Les consignes de nettoyage doivent clairement proscrire l'utilisation de la soufflette sauf autorisation écrite du responsable du site dans des circonstances bien particulières et encadrées par des mesures. Cette autorisation ne peut être délivrée qu'après analyse de risque intégrant les travaux susceptibles d'être réalisés dans la zone où les poussières seront mises en suspension.

Organisation des travaux dans un silo, permis de feu et formation du personnel

L'accident met également en évidence la nécessité d'organiser les travaux réalisés sur ces sites, notamment en cas de co-activité. Les procédures de permis de feu ne sont pas de simples « papiers administratifs ». L'intérêt de ce document réside dans la réflexion commune avec l'entreprise intervenante qui doit être réalisée au préalable de la délivrance de ce permis. Cette réflexion doit permettre d'aboutir à :

- identifier les risques inhérents au site et à l'activité qui sera réalisée sur le site ;
- définir des barrières de prévention des risques, d'atténuation ou de protection ainsi que tout ce qui pourrait perturber le bon fonctionnement de ces barrières ;
- définir qui met en place et contrôle ces barrières et comment ;
- évoquer les difficultés/contraintes d'intervention propre au site ou aux travaux ;

- rappeler les responsabilités de chacun, notamment en termes de contrôles à réaliser.

La fiche réflexe « Mener une réflexion avant de délivrer le permis de feu » édité par le BARPI et Coop de France liste un certain nombre de questions préalables qu'il convient de se poser avant la délivrance d'un permis de feu.

Les risques liés aux co-activités doivent être étudiés au moment de la rédaction de ce permis de feu.

L'accident questionne également sur l'organisation des travaux sur une installation, notamment lorsqu'ils sont réalisés en interne. Plusieurs bonnes pratiques doivent être mises en œuvre :

- s'assurer que le personnel en charge de ces travaux a les compétences pour les réaliser ;
- mettre en place des procédures et des formations du personnel pour le guider dans l'accomplissement de ses tâches ;
- évaluer les difficultés rencontrées pour la réalisation de travaux et notamment les Situations à Haut Potentiels de Gravité (SHPG) et mettre en place des barrières de prévention, d'atténuation ou de protection pour éviter ou limiter les risques ou les conséquences d'un accident ;
- créer un climat de confiance permettant de favoriser la remontée d'information du terrain, notamment en termes de difficultés rencontrées pour l'accomplissement des tâches attribuées.

Le personnel intervenant dans les silos de manière permanente ou ponctuelle doit avoir reçu une formation sur les risques ATEX.

Encadrement et délivrance des autorisations de travail

La réalisation de travaux nécessite un encadrement avec au minimum une visite des installations au début des travaux pour vérifier que le chantier se présente conformément à ce qui a été défini dans le plan de prévention. Cette visite permet également de vérifier que les opérateurs ont une bonne connaissance et compréhension des consignes de sécurité. Une autorisation de travaux doit être accordée même pour des travaux réalisés en interne comme les travaux de nettoyage. La délivrance de cette autorisation permet de s'assurer que les risques liés à ces travaux, aux activités en cours et aux activités ponctuelles programmées ont bien été analysés et pris en compte pour permettre la réalisation des travaux en sécurité.

Découplage et surfaces soufflables

Les systèmes de découplage doivent avoir été dimensionnés pour résister aux effets de surpression d'une explosion. Leurs dimensionnements s'appuient sur une étude technique. En l'absence de trace de la réalisation de cette étude ou en cas de doute sur l'efficacité de ce découplage, un diagnostic de ces systèmes pourra être réalisé pour s'assurer de leur efficacité.

Dans le cas du silo de Strasbourg, des découplages complémentaires ont été proposés par l'INERIS et notamment le découplage de l'espace inter-silo vis-à-vis de tous les autres volumes. Le dimensionnement des surfaces soufflables à associer, notamment la toiture, devra faire l'objet d'une étude dédiée.

Le rapport de l'INERIS propose également de limiter les espaces confinés en créant davantage de surfaces soufflables, notamment au niveau des galeries sous cellule.

Source :

- Rapport d'étude INERIS – 19/12/2018 – DRA-18-173380-06653B
- Guide de l'état de l'art des silos 2008
- Rapport d'inspection du 28 juin 2018
- Fiche réflexe « Mener une réflexion avant de délivrer le permis de feu » édité par le BARPI et Coop de France
- Travaux BARPI-IRSN sur la gestion de la sous-traitance