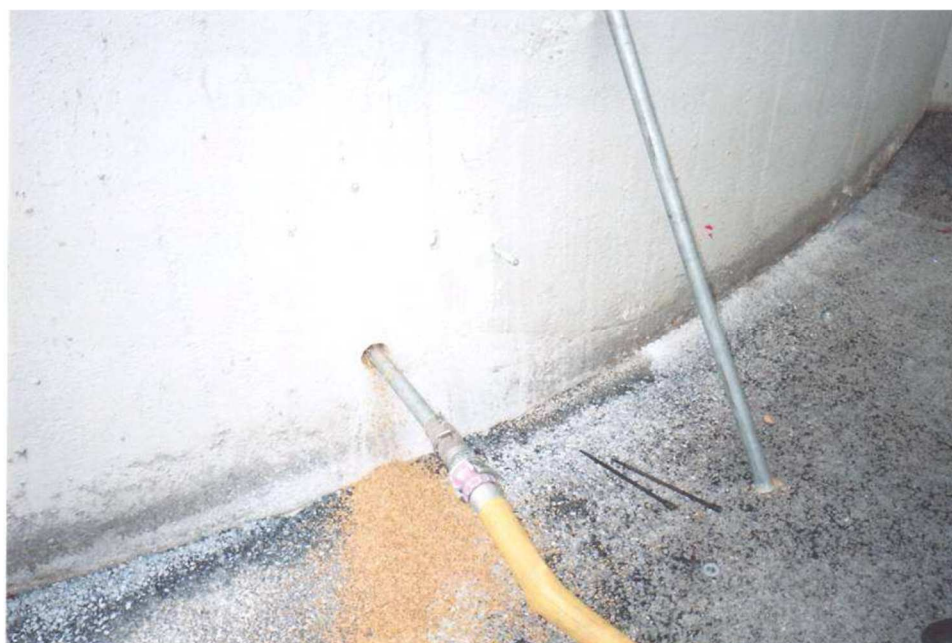




Éléments d'accidentologie sur le procédé d'inertage dans les silos

- Juillet 2015 -



Champs de l'étude

L'étude est basée sur l'analyse des accidents impliquant des installations de silos ou séchoirs à grain ayant eu recours au procédé d'inertage.

La base ARIA compte un peu moins de 500 accidents de silos ou séchoirs ayant généré un feu ou une explosion. Parmi ces accidents, seulement 23 accidents font état d'un recours au procédé d'inertage comme technique d'intervention, soit moins de 5 % de ces accidents.

Parmi cet échantillon de 23 accidents, 1 seul fait état de la mise en œuvre d'un dispositif d'inertage après une explosion, notamment pour protéger les autres cellules (ARIA 42815).

Description du dispositif d'inertage utilisé

Dans notre échantillon de 23 accidents, le dispositif d'inertage le plus couramment utilisé est l'injection d'azote.

Seul quatre accidents font état d'un autre dispositif d'inertage au dioxyde de carbone (ARIA 11618, 14380, 21694, 32060).

Les accidents pour lesquels un dispositif d'inertage a été utilisé sont répartis dans le tableau ci-dessous par produits impliqués.

N°accident	produit utilisé pour l'inertage	produits dans le silo
2429	azote	orge
20979	azote	orge
22898	azote	orge
33331	azote	orge
11983	azote	luzerne
15499	azote	luzerne
20378	azote	luzerne
35414	azote	luzerne
12627	azote	tournesol
21694	dioxyde de carbone	tournesol
23247	azote	tournesol
44541	azote	coques de tournesol
32060	azote+dioxyde de carbone	tourteaux de tournesol
11618	dioxyde de carbone	céréales
18825	azote	céréales
17816	azote	maïs
37426	azote	maïs
14380	Azote + dioxyde de carbone	malt
42815	azote	malt
32464	azote	pellets
35051	azote	blé
11659	azote	tourteaux de cacao
14625	azote	son

Conditions d'utilisation de l'inertage

Ce chapitre a pour objectif de décrire les conditions d'utilisation dans lesquelles les dispositifs d'inertage ont été mis en œuvre pour les accidents de notre échantillon.

➤ L'inertage est un moyen d'intervention qui s'inscrit dans la durée

L'inertage est souvent mis en place pour une durée de plusieurs jours. Le tableau suivant précise la durée de l'inertage pour les accidents pour lesquels nous avons ce type d'information.

N°accident	durée
14380	12 jours et 3 heures
2429	20 heures
11983	5 jours
12627	2,5 jours (60h)
20378	2 jours (48h)
20979	29h
21694	10h
33331	plusieurs jours
37426	2 jours (48 h)
44541	3,5 jours

➤ Des volumes de gaz importants

Les volumes de gaz nécessaires aux opérations d'inertage représentent plusieurs milliers de m³ dans la plupart des accidents pour lesquels ce volume est renseigné.

Le tableau ci-dessous précise ces volumes de gaz utilisés, lorsque l'information est disponible.

N°accident	volume	durée
14380	10900 m3	12j et 3 h
2429	48 m3	20 heures
11983	6000 m3	5j
32464	1000 m3	/
33331	200 m3/h	plusieurs jours
42815	16880 m3	plusieurs jours

➤ Une localisation des piquages d'azote choisie en fonction de leur efficacité

En étudiant les accidents de notre échantillon, on se rend compte que le choix de la localisation de l'injection du produit d'inertage se situe indifféremment en partie basse ou haute de la cellule en combustion. Parfois même, l'inertage est positionné sur le dispositif de ventilation de la cellule.

Les piquages prévus initialement dans les cellules pour l'injection d'azote ne sont donc pas forcément utilisés. D'autres piquages sont parfois réalisés afin d'améliorer la diffusion du gaz dans la cellule.

➤ Des exploitants qui favorisent un mode d'approvisionnement en externe

Dans la grande majorité des accidents de notre échantillon, les intervenants ont eu recours à une livraison spécifique d'azote. Nous verrons dans le chapitre suivant que cet approvisionnement aurait tout intérêt à être anticipé.

Le tableau suivant illustre les deux points précédents : mode d'approvisionnement et localisation de l'inertage.

N°accident	produit	localisation dans la cellule du dispositif d'inertage mis en place	approvisionnement en interne	approvisionnement par une entreprise extérieure
2429	azote	Inertage par les événements de ventilation.	/	Injection par les pompiers.
11983	azote	Inertage par le haut du silo.		
17816	azote		/	Injection par les pompiers.
20378	azote		Utilisation de la réserve d'azote interne.	/
20979	azote		/	Livraison d'une citerne.
21694	dioxyde de carbone	Inertage par le haut du silo.	/	Injection par les pompiers.
22898	azote		/	
23247	azote	Inertage par le bas du silo.	/	Livraison d'une citerne de 20 m3.
32060	azote+dioxyde de carbone	L'azote est injecté par le bas de la cellule et le dioxyde de carbone est injecté dans le ciel de la capacité.		
32464	azote		/	Injection par les pompiers.
33331	azote	L'injection par les piquages dédiés s'avère inefficace compte tenu de leur localisation trop haut. 2 autres orifices seront créés plus bas.	/	Réquisition d'un fournisseur d'azote.
35051	azote	Inertage par le bas du silo.	/	Livraison d'une citerne.
35414	azote		Utilisation de la réserve d'azote interne dans un premier temps.	Livraison d'une citerne dans un deuxième temps.
37426	azote	Inertage par piquage sur la conduite de ventilation.	/	Livraison d'une citerne.
42815	azote		/	Livraison de 4 citernes de 20 t.
44541	azote	Inertage par le bas du silo puis par le haut du silo.	Utilisation du gaz de process du site dans un premier temps.	Livraison d'une citerne dans un deuxième temps.

Difficultés rencontrées lors des interventions

L'analyse de notre échantillon a permis de mettre en évidence un certain nombre de difficultés pouvant être rencontrées lors de la mise en œuvre du dispositif d'inertage.

➤ Les difficultés d'approvisionnement et de raccord de tuyauteries à anticiper

Plusieurs accidents font état de difficultés d'approvisionnement en azote qui ont ralenti l'intervention (ARIA 33331, 44541) et parfois même ont conduit les intervenants à abandonner cette technique (ARIA 10185, 21694). Ces difficultés peuvent être de plusieurs natures :

- les fournisseurs contactés ne peuvent pas livrer de citernes,
- l'interdiction de circuler certains week-ends empêche la livraison de produit par camions citerne,

La compatibilité des embouts d'injection d'azote avec les raccords pompiers doit être vérifiée pour éviter des retards au moment de l'intervention comme ce fut le cas pour l'accident ARIA 2429.

Il faut également s'assurer que la citerne est équipée d'un réchauffeur pour éviter l'injection d'azote liquide dans la cellule. L'absence de réchauffeur ralentit la mise en œuvre du dispositif d'inertage. Ce fut le cas lors de l'accident ARIA 44541.

➤ Les freins à l'efficacité de l'inertage

Le positionnement des piquages peut rendre l'inertage inefficace notamment si la zone en cours de combustion est éloignée de la zone d'injection.

Dans certains cas, les piquages en place sur les cellules n'ont pas été utilisés compte tenu de leur positionnement. L'éloignement des piquages de la zone de combustion peut conduire les intervenants à réaliser d'autres piquages dans la cellule pendant l'intervention (ARIA 33331).

Des discussions sur le positionnement des piquages fixes :

Le positionnement des piquages fixes fait débat : des experts du groupe de travail national « silos » sont plutôt favorables aux piquages sur les gaines de ventilation plutôt que sur les trappes et les trous d'homme.

En effet, lors d'une opération d'inertage, l'azote va prendre des chemins préférentiels dans la masse des grains en fonction des espaces inter-granulaires.

Ainsi, si le point d'injection se trouve sur une trappe ou un trou d'homme, l'azote risque de ne pas balayer la totalité de la cellule. De ce fait, si le foyer de la combustion est éloigné, il peut s'avérer nécessaire de rajouter des points d'injection lors du sinistre.

Le manque d'étanchéité des cellules est également un frein à l'efficacité de l'inertage mis en place (ARIA 42815).

Dans certains cas, le manque d'étanchéité de la cellule a conduit les intervenants à faire le choix de ne pas utiliser la technique d'inertage (ARIA 39116).

➤ Des procédures d'inertage pas toujours opérationnelles

Les procédures d'inertage mises en place sur les sites ne sont pas toujours très opérationnelles (ARIA 33331). La procédure d'inertage doit a minima permettre de répondre à la question suivante : comment doivent être déployés les moyens d'inertage ?

- définir l'emplacement de la citerne,
- prévoir une liste des fournisseurs d'azote susceptibles d'intervenir. La mettre à jour régulièrement,
- prévoir la présence d'un réchauffeur pour éviter d'injecter de l'azote liquide,
- définir la localisation des passages de flexibles d'azote,
- préciser les caractéristiques des dispositifs de raccords.

ANNEXE

Liste des 23 accidents impliquant un dispositif d'inertage

Accidents français

ARIA 14380 - IC - 10/01/1983 - 59 - ROUBAIX

Naf 11.05 : Fabrication de bière

Dans une brasserie, une combustion lente suivie d'un incendie se produit sur un silo contenant 110 tonnes de malt. Douze jours et 3 heures sont nécessaires pour neutraliser ce feu avec l'utilisation de 10 900 m³ d'azote en phase gazeuse et 3,2 tonnes de carboglace. La coordination entre les différents services publics et privés permet le bon déroulement de cette intervention facilitant le dépotage du silo.

ARIA 2429 - IC - 10/10/1990 - 76 - LE HAVRE

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

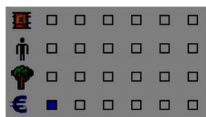
Un employé d'un silo portuaire repère vers 17 h une odeur de grain brûlé. Le déchargement d'un navire est suspendu et les employés inspectent les bandes transporteuses. Ils découvrent un départ de feu au sommet de l'élévateur à godet causé par des copeaux métalliques chauds tombés sur les grains. Le feu est éteint avec des extincteurs. En inspectant les 2 silos d'orge en cours de remplissage (2 000 et 6 000 t), les employés découvrent une légère fumée ainsi qu'une odeur de brûlé. Ils appellent les pompiers. Leurs mesures confirment une combustion dans les 2 cellules. Un périmètre de sécurité de 300 m est établi. La solution retenue pour lutter contre le sinistre est l'inertage à l'azote des 2 capacités par les événements de ventilation. L'azote sera acheminé à 13 bar et 0°C par la colonne sèche et les tuyaux des pompiers. L'injection commence à 23 h après la résolution de l'incompatibilité entre les raccords des pompiers (100 mm) et ceux de l'azote (50 mm). La vidange des silos débute le lendemain. Le système habituel n'est pas utilisé afin de ne pas propager le sinistre. Il est décidé de pratiquer des ouvertures dans les 2 cellules. L'opération dure jusqu'au 13/10 à 19 h. Au final, 48 m³ d'azote liquide ont été utilisés. Seules 10 t d'orge sont perdues sur les 8 000 vidangées.

Un employé du site avance une hypothèse pouvant expliquer le sinistre. Le dispositif de bandes transporteuses est solidaire d'une ossature métallique en toiture. La dilatation de cette ossature causée par les différences de température jour/nuit causer le décentrage de l'axe d'extrémité de la bande transporteuse. Le frottement des pièces mécaniques aurait ensuite conduit à un échauffement.

ARIA 11659 - IC - 18/09/1997 - 02 - LA CAPELLE

Naf 10.91 : Fabrication d'aliments pour animaux de ferme

Dans une usine de fabrication d'aliments pour animaux, un feu couvant apparaît dans un silo de 140 t de tourteaux de cacao. Des gaz de pyrolyse (méthane) en concentration supérieure à la limite inférieure d'explosivité sont détectés dans la partie supérieure de la cellule. Le foyer est étouffé par injection d'azote liquide. Une vingtaine de personnes est évacuée dans un rayon de 140 m.



ARIA 11983 - IC - 12/02/1998 - 95 - SAINT-OUEN-L'AUMONE

Naf 52.10 : Entreposage et stockage

Un feu interne apparaît dans une cellule en béton d'un silo contenant 2 000 t de luzerne déshydratée. Il est décidé de vidanger la capacité. Cinq jours plus tard, le sinistre s'aggravant les secours publics sont alertés. De l'azote puis de la mousse sont injectés en partie haute de

la cellule pour inerte et prévenir l'envol de poussières. Puis de l'azote est injecté durant 5 jours à raison de 50 m³/h en partie basse pour étouffer le feu. Le produit est vidangé après refroidissement complet. La circulation fluviale est interrompue pendant l'intervention. Des mesures conservatoires sont imposées.

ARIA 12627 - IC - 12/03/1998 - 33 - BASSENS

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Lors d'une ronde, une odeur anormale puis des fumées permettent de découvrir un feu couvant dans une cellule cylindrique verticale (58 m de haut, 12 m de diamètre) d'un silo contenant 2 600 t de graines de tournesol. De l'azote est injecté dans la cellule préalablement à l'opération de désensilage. L'opération est achevée 60 h après la détection du feu. Quelques dizaines de kg de graines sont brûlées. Les sondes thermométriques n'ont rien détecté. Une expertise montre que le sinistre est dû à une étincelle provenant d'une meuleuse et qui, passant par un interstice très étroit, a initié un feu couvant de poussières accumulées sur un profilé métallique. Une petite masse incandescente est tombée et a enflammé le grain 10 m plus loin.

ARIA 14625 - IC - 30/12/1998 - 27 - LOUVIERS

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Un incendie survient sur un silo contenant 60 t de son en fermentation. Un périmètre de sécurité est mis en place et 7 ouvriers sont évacués. L'inertage à l'azote et la vidange de la cellule sont effectués.

ARIA 15499 - IC - 30/03/1999 - 10 - MESGRIGNY

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Dans un silo de stockage de luzerne déshydratée, au début d'une opération de vidange, un opérateur décèle une odeur anormale et un défaut du produit. Il stoppe l'opération et l'alarme des sondes de température se déclenche. Un inertage à l'azote est actionné. Après 2 h sans amélioration, les pompiers sont appelés et mettent en place un périmètre de sécurité de 300 m, avec interruption de la voie ferrée Paris-Bâle en raison du dégagement de fumée et de méthane (80% de la L.I.E.). De la mousse à 5% est injectée en haut du silo. La température reste stable et le taux de méthane diminue, le périmètre de sécurité est réduit à 100 m. La vidange du silo est reprise sous contrôle 11 h après l'arrêt initial. Le point chaud est constitué de 10 t de luzerne. Les causes présumées sont les caractéristiques du produit, la vidange progressive (une semaine) favorisant oxygénation et fermentation et la détection tardive des sondes de température (distance entre 2 sondes et isolation thermique de la luzerne).

ARIA 17816 - IC - 28/05/2000 - 77 - ROZAY-EN-BRIE

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Dans un silo d'une coopérative agricole, un incendie se déclare dans une cellule, contenant 2 500 t de maïs, dont le toit s'effondre. Le feu s'étend à la bande transporteuse de la galerie supérieure. Les pompiers interviennent en 2 équipes, l'une avec des caméras thermiques pour contrôler la propagation des points chauds et l'autre injecte de l'azote pour étouffer l'incendie dans la cellule. Des morceaux de bande incandescents communiquent le feu le lendemain matin à une autre cellule. Les pompiers décident de vider toutes les cellules. 10 personnes du voisinage sont évacuées pendant les opérations. Le silo ne sera pas disponible pendant plusieurs mois. L'origine du sinistre fait l'objet de 3 hypothèses : court-circuit électrique, échauffement du grain, intervention la veille sur une antenne sur le toit du silo.

ARIA 18825 - IC - 28/09/2000 - 62 - BIENVILLERS-AU-BOIS

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Un incendie se déclare dans un silo. Le feu est maîtrisé à l'aide d'un inertage à l'azote et par refroidissement avec des lances à eau.

ARIA 20378 - IC - 28/03/2001 - 51 - PONTFAVERGER-MORONVILLIERS

Naf 10.91 : Fabrication d'aliments pour animaux de ferme

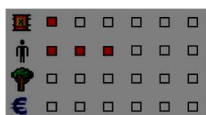
Un auto-échauffement se produit dans une cellule métallique contenant 500 t de granulés de luzerne déshydratée. Dès que les sondes de températures décèlent l'anomalie, l'exploitant introduit de l'azote dans le stockage pour ralentir le phénomène d'autocombustion. Les pompiers déversent de la mousse sur le stockage par une trappe située au sommet de la cellule. Celle-ci sera vidangée dans les 48 h qui suivent ; 200 t de granulés sont perdues. L'auto-échauffement observé pourrait être dû à une entrée d'humidité par une ouverture résultant de la rupture d'une soudure entre une passerelle et le corps de la cellule.

ARIA 20979 - IC - 03/07/2001 - 10 – LUYERES

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail
 Dans un silo, une odeur de brûlé alerte les employés qui détectent de la fumée dans une cellule contenant 400 t d'orge. Ils constatent qu'un extracteur de ventilation de la cellule est tombé sur le grain. Les pompiers soutirent le grain dès leur arrivée provoquant une cheminée qui entraîne l'extracteur, le noyant dans le grain. Pour ne pas propager l'incendie, le soutirage est arrêté et de la mousse est injectée. Malgré cela la température de la sonde thermométrique proche augmente de 0,25°C/h. Une citerne d'azote est commandée pour un inertage de la cellule qui débute 12 h après le début du sinistre et dure 29 h. La température continue à augmenter de 0,15 °C /h. L'inertage est poursuivi, et la cellule vidangée en mettant en place un circuit court (sans faire passer le grain dans la tour de manutention) pour éviter une propagation d'incendie. Le grain extrait est chaud et humide, au bout de 3 h, apparaissent des blocs consumés mais froids. L'inertage semble avoir arrêté l'incendie couvant. L'élévation de température serait due à la fermentation de l'orge suite à l'arrosage par la mousse. Le moteur de l'extracteur récupéré est non conforme à l'AM du 29/7/98. Tous les moteurs identiques sont débranchés dans le silo et devront l'être dans les autres silos de l'exploitant. L'exploitation est suspendue jusqu'à la mise en service d'une aspiration centralisée des poussières. Une vérification des installations électriques par un organisme agréé est imposée.

ARIA 21694 - IC - 15/01/2002 - 68 - VILLAGE-NEUF

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail
 Dans un silo, 25 t de graines de tournesol se consomment dans une cellule en béton (hauteur 55 m, Ø 10,5 m) en contenant 1 000 t soit la moitié de sa capacité. Les autres cellules du silo sont alors pleines de tournesol et de soja. Lors du déchargement d'un camion, un opérateur détecte un feu en pied d'élévateur. Le personnel du silo l'éteint immédiatement avec un extincteur et donne l'alerte après avoir constaté que la combustion des grains dans l'élévateur s'est propagée dans la cellule en cours de remplissage et a déclenché l'alarme des sondes thermiques. Les services de secours mettent en place un périmètre de sécurité de 100 m et font cesser les activités des 3 sociétés voisines, notamment les transferts de liquides inflammables dans un dépôt pétrolier. La navigation est limitée sur le RHIN. Leur frontière étant très proche, les autorités suisses et allemandes sont alertées. Les pompiers créent un tapis de mousse sur le haut du tas de graines dans la cellule (durée de l'opération 5 h) et l'extinction se fait à l'aide de dioxyde de carbone introduit par le haut du silo pendant plus de 10 h. L'utilisation d'azote est envisagée mais sa mise en oeuvre par le bas de la cellule, non équipée, aurait été trop complexe. L'origine de l'incendie, attribuée dans un premier temps à la réalisation, quelques jours plus tôt, de travaux de soudure sans permis de feu, est due à un échauffement par frottement de la sangle de l'élévateur insuffisamment tendue après son remplacement. L'inspection des installations classées engage au niveau départemental une action d'information des exploitants de silos similaires pour la vérification des tensions des sangles et des bandes transporteuses après leur remplacement et pour la prise en compte, dans leur consigne d'incendie, d'une intervention par inertage des cellules pour laquelle ils devront s'assurer de disposer des moyens nécessaires à sa mise en oeuvre.



ARIA 22898 - IC - 21/08/2002 - 60 - PONT-SAINTE-MAXENCE

Naf 52.10 : Entreposage et stockage

Une combustion est détectée à 8h30 dans l'une des 24 cellules d'un silo vertical en

béton contenant 1 500 t d'orge de la saison 2002. Les pompiers mesurent des températures jusqu'à 300 °C et décident de vider la cellule. Une forte augmentation de la concentration en monoxyde de carbone (> 1 200 ppm de CO) fait redouter une explosion due aux gaz et entraîne l'arrêt de la vidange. Un périmètre de sécurité est mis en place dans un rayon de 400 m et 400 personnes sont évacuées. La cellule est inertée avec de l'azote avant reprise de la vidange qui s'achèvera 5 jours plus tard (26/08 à 4 h).

L'oubli d'une baladeuse allumée dans la cellule avant son remplissage, lors d'un nettoyage le 12 août, est à l'origine du sinistre ; la lampe serait restée allumée pendant 24 h avant d'être éteinte. Entre le 12 août et le jour de l'accident la cellule était ventilée chaque nuit. La thermométrie étant hors service, la combustion n'a été détectée que lorsque de la fumée a été visible par les employés.

A la suite du sinistre, un arrêté préfectoral de mesures d'urgence prescrit : la remise en service d'une thermométrie conforme à la réglementation, la vérification de l'état de la cellule sinistrée et une actualisation de l'étude de dangers des installations. Le coût des dommages est estimé à 900 Keuros dont 300 Keuros de pertes d'exploitation.

ARIA 23247 - IC - 09/10/2002 - 58 - ARZEMBOUY

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Sur le site d'un silo comportant 4 cellules de stockage, un feu couvant se déclare à 9h15 en partie supérieure d'une cellule en béton contenant 900 t de tournesol (8,8 m de diamètre, 29 m de hauteur). L'accident survient peu après le remplissage de la cellule avec le tournesol préalablement séché puis refroidi par ventilation. En l'absence de détecteurs, c'est un employé qui remarque un dégagement de fumée et qui prévient les secours, le responsable sécurité du groupe et la DRIRE. Les gendarmes mettent en place un périmètre de sécurité. Les secours craignent d'une part qu'un contact entre des particules incandescentes et des poussières (collées aux parois dans l'espace vide situé au-dessus du tas de grains) provoque une explosion primaire qui entraînerait une mise en suspension de poussières et une explosion plus importante et d'autre part qu'une inflammation du feu couvant, facilitée par la nature oléagineuse du tournesol, se propage à l'ensemble du stockage. La silothermométrie et la caméra thermique des pompiers confirment que le feu reste localisé en partie haute du tas de grain, une vidange de la cellule aggraverait le sinistre en entraînant des particules incandescentes sur toute la hauteur du stockage, dans le transporteur à chaîne et l'élévateur. Au regard de tous ces éléments et sur les conseils du responsable sécurité, les pompiers recouvrent le tas de grains d'un tapis de mousse et inondent ensuite, à l'aide d'une petite lance, le transporteur à chaîne et le pied élévateur où sont découvertes des particules incandescentes. L'absence d'équipements sur le site retarde l'inertage par le bas de la cellule (23 h), une société extérieure ayant du préalablement livrer une citerne de 20 m³ d'azote liquide et mettre en place une station d'évaporation. Après un dernier examen par caméra thermique à 4 h, les employés vidangent la cellule. Selon l'exploitant, un amas de poussières de tournesol se serait échauffé en ayant été coincé entre les gaines du séchoir avant de se débloquer et d'être entraîné vers la cellule. D'abord activée par la ventilation, la combustion se serait ensuite propagée au grain.

ARIA 32060 - IC - 21/07/2006 - 44 - SAINT-NAZAIRE

Naf 10.41 : Fabrication d'huiles et graisses

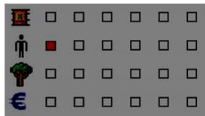
Un auto-échauffement se produit dans une cellule métallique fermée contenant 550 tonnes de tourteaux de tournesol sous forme de pellets (sous-produit aggloméré et sec) dans un silo vertical d'une usine de fabrication d'huile végétale. Un inertage à l'azote est effectué. L'échauffement semblant maîtrisé une vidange de la cellule est programmée 4 jours plus tard. Lors de cette opération, une combustion des tourteaux est découverte. La vidange est interrompue, de l'azote est injecté par le bas de la cellule et du dioxyde de carbone dans le ciel de la capacité. L'inspection des installations classées, informées le lendemain (26 juillet), demande à l'exploitant d'avertir les services de secours et d'incendie et de mettre en oeuvre les mesures de précautions prévues dans le guide de l'état de l'art sur les silos. Après une visite effectuée le 27 juillet, l'inspection demande également : l'établissement d'un protocole d'intervention avant toutes opérations sur la cellule, la délimitation d'un périmètre de sécurité pour les intervenants et

une vigilance renforcée sur le suivi des tourteaux extraits qui pourraient se réactiver. Les tentatives de vidange effectuées durant les 8 jours suivants sont vaines en raison soit du colmatage du produit, soit d'une reprise de la combustion ; 250 t de tourteaux restent à extraire. La vidange complète de la cellule sera finalement achevée le 6 octobre.

ARIA 32464 - IC - 20/10/2006 - 76 - ROUEN

Naf 10.61 : Travail des grains

Dans une usine de fabrication de pâtes alimentaires, un échauffement se produit dans une cellule de 350 m³ contenant 200 t de pellets ; plusieurs sondes affichent des températures supérieures à 100 °C. Les produits agglomérés à minima en bas du silo forment une voûte à la base du cône qui empêche l'évacuation de la matière. L'inspection des IC, en accord avec l'exploitant, fait appel aux secours extérieurs pour inerte la cellule. Une CMIC effectuée des mesures de CO et de gaz explosible (en équivalent hexane) qui révèlent la présence d'une combustion dans la cellule. Les pompiers mettent en place un tapis de mousse à haut foisonnement en tête de cellule, puis vers 20 h, injectent de l'azote. L'exploitant fait appel à une société spécialisée dans le forage en silo pour percer le bouchon empêchant l'évacuation des produits. Après inertage, on observe une légère baisse de température sur les capteurs, et la présence de 1 à 10 % d'oxygène (O₂) selon la pression d'azote injectée. Le lendemain, l'entreprise spécialisée fore l'intégralité de la matière, puis installe un fléau en haut de cellule pour évacuer la matière de manière gravitaire. Durant cette phase, un périmètre de sécurité de 20 m est mis en place autour de la cellule en raison du risque d'effondrement de celle-ci. Plus de 1 000 m³ d'azote ont été injectés et les 200 t de produits seront éliminés.



ARIA 33331 - IC - 09/07/2007 - 77 - MOUY-SUR-SEINE

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Le responsable d'un silo détecte vers 13h30 un échauffement dans une cellule en béton (diam : 8 m / H : 33 m) contenant 1 400 t d'orge après constat d'une coulure marron suintant d'une fissure sur la paroi. La semaine précédente, le personnel avait senti une odeur anormale sans pouvoir en identifier la cause. Afin de refroidir le grain, la décision est prise de le "transiler" dans une autre cellule avec les précautions d'usage (vitesse de transfert réduite, jet d'eau à proximité, surveillance humaine permanente, contrôle avec une caméra thermique). Le 10/07 au matin alors que le transfert s'est déroulé durant la nuit sans difficulté, une élévation de température est constatée avec la caméra thermique et la qualité du grain se révèle insuffisante pour sa commercialisation. Il est alors décidé de vidanger l'orge par la trappe latérale et de l'évacuer avec un camion benne sur un autre site de la société. Vers 16 h, une brusque montée de température (T° = 110° C) est relevée par la silothermométrie et la caméra thermique sur les 300 t d'orge restant à extraire. Le silo est mis en sécurité, les énergies sont coupées et les secours publics sont alertés. Les pompiers refroidissent la cellule par l'extérieur et arrosent l'intérieur pour maîtriser le feu. Compte tenu de l'instabilité de la température (baisses et remontées successives), un tapis de mousse est mis en place dans la cellule qui est également inertée à l'azote provenant d'une société extérieure à partir de 6 h le 11/07. L'injection par les piquages dédiés s'avérant inefficace compte tenu de leur localisation, 2 autres orifices sont créés. A partir du 12/07, la vidange s'effectue par camion aspirateur via un carottage de 40 cm dans l'enveloppe de la cellule après avis d'un spécialiste béton. L'extraction des grains pris en masse nécessitera l'agrandissement de l'orifice après un nouvel avis favorable de l'expert béton. L'intervention des secours publics s'achève dans la nuit du 13/07 le sinistre semblant maîtrisé ; 120 t sont néanmoins encore à vidanger. Le lendemain, les employés constatent à leur arrivée sur le site, où l'exploitant n'a pas mis en place de surveillance pour la nuit, une reprise de feu dans la capacité initialement sinistrée et des échauffements dans les cellules voisines contenant de l'orge et du colza. Les secours publics interviennent à nouveau. Certaines cellules sont refroidies par l'extérieur, inertées à l'azote et les stocks de grains sont recouverts d'un tapis de mousse sur le haut du stockage ; l'ensemble des capacités du silo sera vidangé du 14 au 27/07. Un carottage de 1 m² sera réalisé sur une des cellules nouvellement impactées pour achever de la vider. Quatre personnes, dont 3

pompiers, ont été légèrement blessées durant l'intervention des secours. L'exploitation du silo suspendue par arrêté du 13/07/2007 reprendra le 27/06/2008.

Selon l'exploitant, une accumulation de poussières sur le moteur d'extracteur d'air installé sous le toit de la cellule aurait généré un point chaud puis un feu couvant après avoir chuté sur les grains lors du remplissage de la capacité entre le 19/06 et 08/07/07.

Plusieurs enseignements peuvent être tirés de cet accident :

- éviter d'installer les moteurs dans les cellules (zone ATEX) et en cas d'impossibilité vérifier leur conformité et assurer leur entretien périodique (nettoyage...),
- prévoir les mesures organisationnelles et techniques (notamment "disponibilité" de l'azote) permettant l'inertage des cellules dès que nécessaire ; privilégier l'implantation des piquages d'injection sur la ventilation,
- veiller à alerter les secours publics dans les meilleurs délais (notamment lorsque l'événement est susceptible de s'aggraver),
- prendre en compte les risques d'échauffement dans les cellules voisines (fermentation due aux entrées d'eau d'extinction, conduction thermique...),
- assurer une surveillance permanente par les employés (notamment la nuit ou le week-end) des installations impactées ou susceptibles de l'être tant que le sinistre n'est pas totalement maîtrisé.

ARIA 35051 - IC - 17/06/2008 - 10 - ARCIS-SUR-AUBE

Naf 11.06 : Fabrication de malt

Le personnel d'une malterie constate vers 14h qu'une légère fumée se dégage d'une cellule de blé d'un silo. Les installations de manutention sont arrêtées, le site est évacué et les pompiers sont alertés. Les procédures internes de gestion de crise et la recherche d'azote sont déclenchées ; un suivi de la température de la cellule de 350 m³ est effectué. L'intervention pour maîtriser le sinistre débute vers minuit avec le déversement de mousse haut foisonnement en tête de la capacité afin de recouvrir le grain et l'inertage de la cellule par le bas ; sa vidange par un système de vis vers l'extérieur commence vers 5 h et se poursuit durant la matinée. Au cours de l'intervention, la température de la cellule a été suivie puis, après vidange, une vérification des circuits du grain a été effectuée pour s'assurer de l'absence de point chaud. La situation redevient normale en début d'après-midi soit 25 h après le déclenchement de l'alerte ; 50 t de blé sont endommagées.

L'emploi d'un chalumeau par un sous-traitant durant des travaux d'étanchéité sur la couverture du silo, est à l'origine du sinistre ; un permis de feu avait été délivré. A la suite de l'accident, l'exploitant rappelle à l'entreprise extérieure les consignes de sécurité et prévoit de développer auprès des sous-traitants, la communication sur les risques liés aux interventions sur les installations. L'accident est également évoqué en interne, au sein du groupe industriel, afin de rappeler l'importance d'une bonne maîtrise de ce type d'interventions.

ARIA 35414 - IC - 31/10/2008 - 51 - BAZANCOURT

Naf 10.81 : Fabrication de sucre

Le préposé aux expéditions dans un silo constate lors de sa ronde vers 7h15, une émission de fumée en provenance d'une cellule verticale en béton d'une capacité de 1200 t remplie au tiers de granulés de luzerne et donne l'alerte. La cellule est isolée et l'inertage à l'azote est mis en place à 7h35 avec la réserve de gaz présente sur le site. Le relevé de la silothermométrie ne révèle aucun dépassement du seuil de déclenchement d'alarme. A 11h, les secours publics sont prévenus par précaution ainsi que l'inspection des installations classées et les services ferroviaire, une ligne de TGV passant à proximité. Un camion supplémentaire d'azote est livré à l'entreprise à 16h. Les pompiers établissent 2 lances à débit variable de 500 l/min en protection et pour l'extinction, durant la vidange de la cellule qui s'effectue de 16h45 à 20h ; 300 tonnes de granulés sont légèrement noircies et ont une température pouvant parfois atteindre 40 °C. Les produits restent commercialisables et sont stockés dans un hangar et dans une autre cellule. L'intervention des secours s'achève à 20h30 ; l'exploitant effectue des travaux de nettoyage et met en place une surveillance durant la nuit. Le lendemain vers 9 h, les pompiers effectuent un contrôle de la

cellule impliquée qui ne révèle aucune anomalie. A la suite de cet incident, l'exploitant augmente la fréquence des rondes de surveillance.

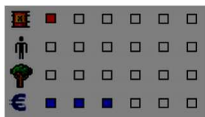
ARIA 37426 - IC - 02/11/2009 - 91 - GRIGNY

Naf 46.21 : Commerce de gros de céréales, de tabac non manufacturé, de semences et d'aliments pour le bétail

Un échauffement est détecté par la silothermométrie vers 12 h dans une cellule métallique à fond plat d'une hauteur et d'un diamètre de 12 m contenant 680 t de maïs ; la température mesurée est de 80 °C. Les secours mettent en place un périmètre de sécurité de 50 m autour du silo situé à proximité de 2 stockages d'hydrocarbures classés SEVESO et l'accès routier à la zone est contrôlé. L'exploitant du dépôt de GPL interrompt ses transports de gaz et enclenche le dispositif fixe de refroidissement des wagons stationnés sur la voie interne de son site.

Un tapis de mousse est mis en place sur les grains et un inertage à l'azote est effectué à partir de 20h15. Un suivi de la température est réalisé toutes les 30 min. Le lendemain vers 7h30, les valeurs oscillent entre 75 et 90 °C. Deux orifices de 20 cm de côté sont découpés dans la paroi de la cellule à 5 m de haut, afin d'extraire le maïs par gravité sous protection de 2 lances à débit variable, dont une pour refroidir les céréales extraites ; la vidange s'effectue à un débit de 30 m³/h. En fin de matinée, les 2 trouées ne permettent plus d'extraire le grain dont le niveau dans le stockage est devenu trop bas. Les secours redoutant l'effondrement de la cellule en raison du phénomène de "voûte" et des trous dans la paroi, mettent en place un périmètre de sécurité de 30 m autour de la capacité. Vers 17h30, après avis du constructeur et d'experts, 2 nouveaux orifices sont percés afin de reprendre l'extraction du maïs ; l'écoulement par gravité s'interrompt vers 20h30 et une surveillance est maintenue durant la nuit. La vidange avec une vis d'extraction recommence le 04/11 vers 13 h mais les pompiers doivent éteindre une reprise de combustion vers 20 h. Le dépotage des céréales et l'intervention des secours s'achèvent le 5/11 dans la journée. Selon l'exploitant, un échauffement au niveau du moteur de la vis racleuse, situé au centre de la cellule, pourrait être à l'origine du sinistre ; il aurait été mis et maintenu en fonctionnement par erreur, 2 jours plus tôt, en voulant mettre en marche le moteur d'un autre silo.

A la suite de l'accident, l'exploitant prévoit plusieurs mesures : identification des cellules à proximité des sectionneurs électriques et des vis de vidange, remise en conformité des installations électriques et vérification du calibrage des fusibles sur les vis racleuses ainsi que du réglage des relais thermiques, remplacement progressif des moteurs situés dans les cellules métalliques par des appareils ATEX, augmentation de la fréquence de lecture de la thermométrie (2 fois par semaine), contrôle visuel des moteurs des vis lors de chaque vacuité des capacités, rédaction d'un POI avec les pompiers et amélioration de la ressource en eau du site. L'exploitant étudie également : la mise en place d'un arrêt automatique des vis racleuses après 2 h de fonctionnement et de témoins de marche dans le bureau du silo ainsi qu'une procédure de vidange des cellules métalliques en cas d'incident.



ARIA 42815 - IC - 28/09/2012 - 10 - NOGENT-SUR-SEINE

Naf 11.06 : Fabrication de malt

Une explosion se produit vers 2h30 dans une cellule de 60 t de malt d'un silo de 40 m de haut alors qu'elle est en vidange par une trappe (pas d'utilisation du transporteur de la galerie inférieure) à la suite d'un dégagement d'odeur de brûlé. Des morceaux du toit de la cellule et d'une capacité adjacente sont projetés à 70 m ; son cône de vidange est craquelé. Les événements en polypropylène de la galerie supérieure sont détruits mais la toiture a résisté. La tour de manutention voisine n'est pas endommagée (fonctionnement du découplage). Le POI est activé et un périmètre de sécurité de 100 m est mis en place. Les pompiers effectuent des mesures de température dans les autres capacités avec une caméra thermique. La poursuite du dépotage de la cellule impliquée est compliquée par un bouchon de matières brûlées et par des débris de béton. Dans la matinée, des dégagements de fumées sont détectés au niveau de 3 cellules et 2 as de carreau adjacents. L'exploitant mandate un spécialiste en silo pour évaluer les risques et définir une stratégie pour vider les capacités. Une injection de mousse en haut des cellules débute dans l'après-midi mais la pression d'eau insuffisante en hauteur ne permet pas un bon foisonnement. Un inertage à l'azote est effectué à partir de 22h30 ; le manque

d'étanchéité des cellules limite son efficacité. La vidange des cellules impliquées s'effectue les jours suivants avec un véhicule d'aspiration, tout en maintenant les fonctions extinction à la mousse en haut du silo, extinction à l'eau des foyers résiduels, inertage à l'azote et ventilation des soubassements pour le travail des intervenants. Des carottages en partie basse de 2 cellules seront nécessaires pour aspirer les produits. L'intervention des secours publics s'achève en accord avec l'exploitant le 02/10 vers 19 h. Le maire et le sous-préfet se sont rendus sur les lieux. Un bureau d'études spécialisé effectue une expertise pour déterminer les causes de l'explosion, évaluer les surpressions dans la cellule et la galerie supérieure et valider des modèles pour les projections. Le préjudice financier s'élève à 7 millions d'euros dont la moitié en perte d'exploitation.

ARIA 44541 - IC - 02/11/2013 - 33 - BASSENS

Naf 10.41 : Fabrication d'huiles et graisses

Dans une usine traitant du tournesol pour des usages alimentaire, agroalimentaire et énergétique, un opérateur sent vers 22 h une odeur de brûlé caractéristique et localise un feu dans un filtre à manches en pied d'un élévateur alimentant en coques de graines une cellule en béton d'un silo (H : 50 m). Il alerte le chef de quart et arrête l'appareil de manutention. Alors qu'ils interviennent pour maîtriser le sinistre, ils aperçoivent de la fumée s'échappant de la cellule contenant 800 t de coques et appellent les secours publics (23h05). Le POI est déclenché. Le personnel est évacué et les alimentations en énergie sont coupées. L'exploitant inerte la cellule à l'azote et les pompiers établissent un tapis de mousse en surface du produit stocké. Des mesures régulières de monoxyde de carbone (CO), d'oxygène (O₂), de température et d'explosimétrie sont effectuées. La vidange du silo débutée dans la nuit est interrompue le 3/11 à 5h45, le pompage par camion-citerne mis en place n'étant pas efficace. L'évacuation des coques (20 t/h) reprend avec un convoyeur à bandes de location dans l'après-midi du 04/11 puis le lendemain matin avec un redler (30 à 40 t/h). A la suite du colmatage de la vis d'extraction du silo (05/11), un orifice de 0,6 x 0,6 m est percé dans la paroi en béton ferrailé de 0,20 m d'épaisseur en bas de cellule. L'utilisation d'une lance spéciale ("GERICO") conçue pour pénétrer au coeur de la masse en combustion permet de débloquer la vis et de créer un trou (diam : 1 m) dans le produit stocké laissant ainsi apparaître le haut du silo. L'intervention des pompiers s'achève le 08/11 vers 16 h. Les 40 t de produit résiduel sur 4 m de haut sont extraites par l'exploitant.

Le tapis de mousse maintenu dans la cellule jusqu'au soir du 04/11 a nécessité 9,5 m³ d'émulseur. L'inertage du silo à l'azote par le bas, puis le haut pour inerte le ciel gazeux, s'est effectué à partir du stock de gaz de process du site puis par des approvisionnements de fournisseurs extérieurs.

Les pompiers ont été confrontés à diverses difficultés : acheminement de l'émulseur en haut du silo et qualité de celui fourni par l'entraide extérieure, problème technique sur la colonne sèche nécessitant sa substitution par un tuyau souple, diamètres des canalisations de l'installation non harmonisés avec les moyens des secours, absence de réchauffeur avec le camion-citerne d'azote intervenu sur le site, difficultés d'approvisionnement externe en azote, colmatage du produit à extraire avec l'eau de la mousse...

Selon l'exploitant, un auto-échauffement dans une trémie de process des coques, en amont du stockage, pourrait être à l'origine du sinistre, un début de combustion ayant été maîtrisé dans celle-ci le 03/11, vers 10 h, après apparition de fumées. L'exploitant effectue une analyse approfondie des causes de l'accident, modifie sa procédure d'intervention en liaison avec le SDIS et prévoit d'améliorer la détection de points chauds des coques avant stockage en silos.

Accidents étrangers

ARIA 11618 - IC - 15/07/1997 - ETATS-UNIS - KALAMA

Naf 10.61 : Travail des grains

Un incendie se déclare dans un silo métallique contenant du grain. Il est éteint par injection de gaz carbonique.