

Les accidents dans les silos de matières végétales

Parfois sous-estimés, les risques d'explosion de poussières dans les silos ont fait la une de l'actualité lors du dramatique accident d'une malterie à Metz en octobre 1982 qui provoqua le décès de 12 personnes puis 15 ans plus tard, le 20 août 1997, à la suite de l'explosion de Blaye où l'on déplora 11 morts et 1 blessé. Aujourd'hui les acteurs de la prévention ne doivent plus ignorer ces risques.

Successivement réglementés par l'arrêté ministériel du 11 août 1983 puis par celui du 29 juillet 1998, les installations de ce type soumises à autorisation au titre de la législation installations classées relèvent actuellement de l'application de l'arrêté ministériel du 29 mars 2004. Cette dernière évolution de la réglementation nationale fixe des obligations de résultats en confiant aux exploitants la responsabilité de soumettre au préfet les mesures qu'ils se proposent de mettre en œuvre pour y parvenir. Bien entendu, les organismes professionnels ont un rôle important à jouer dans la préparation de leurs référentiels techniques et organisationnels auxquels les exploitants pourront se reporter.

Seize cents installations relevant de la nomenclature des installations classées au titre des rubriques n°2160 ou antérieurement 376 bis relatives aux silos de matières organiques dégageant des poussières inflammables étaient recensés en France dans la base "GIDIC" en janvier 2006.

Les enseignements tirés de l'accidentologie constituent pour les professionnels de ce secteur d'activité l'un des éclairages importants en vue de limiter le renouvellement des accidents ou en atténuer autant que possible les conséquences.

1. Objet et limites de la synthèse

L'objet de la présente synthèse est de présenter les données et le retour d'expérience de l'accidentologie concernant l'activité "silos". Elle est établie à partir des incidents ou accidents sélectionnés dans la base ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents), impliquant des silos de matières végétales plus ou moins transformés comme le sucre, les céréales, les protéagineux par exemple. En raison de particularités liées à la taille et à la spécificité des installations, les silos de copeaux ou particules de bois ne sont pas traités dans le cadre de cette étude.

La base de données ARIA recense 302 accidents survenus en France ou à l'étranger avant le 31 décembre 2005 et concernant directement ou indirectement des silos de matières végétales. Le recensement est organisé depuis le 1^{er} janvier 1992, mais une quarantaine d'événements antérieurs ont pu néanmoins y être intégré.

L'accidentologie concerne les différents équipements concourant à la fonction de stockage de matières végétales. Ainsi, le terme "silo" utilisé doit être pris dans son acception la plus générale recouvrant les cellules, les boisseaux, mais aussi les tours de manutention, les dispositifs de transport (élévateurs, transporteurs à chaîne, bandes transporteuses...), les équipements auxiliaires (épierreurs, trémies, dépoussiéreurs, tamiseurs...) et les équipements connexes comme les séchoirs. Certains silos sont intégrés à des unités de fabrication de produits alimentaires ou industriels, aussi des accidents survenus dans l'activité fabrication ont-ils été également retenus dans cette synthèse lorsqu'ils ont entraîné des actions de protection ou de surveillance particulière des silos durant l'intervention des secours.

Les résumés d'accidents illustratifs sont joints au présent document.

Cette synthèse qui porte plus particulièrement sur les 267 incidents ou accidents français (cf. § 2 à 6), présente un certain nombre d'informations ou d'enseignements sur la nature de ces événements, les circonstances, causes, conséquences ou les mesures prises lors de l'intervention des secours, mais également sur les mesures de prévention adoptées. Compte tenu de la non exhaustivité des données répertoriées dans la base ARIA, les éléments chiffrés mentionnés ne peuvent avoir valeur de statistiques générales.

2. Les activités industrielles, les produits et types de silos concernés.

Les 267 accidents français sont répartis en fonction de l'activité économique concernée et caractérisée par la nomenclature NAF (nomenclature des activités en France de l' INSEE).

Activités impliquées	Nombre d'accidents	% du total (267 cas)
01 – Agriculture, élevage, services annexes	50	19 %
15 – Industries alimentaires	76	28 %
51 – Commerce de gros et intermédiaires du commerce	117	44 %
63 – Services auxiliaires des transports	24	9 %

Les silos sont présents dans de nombreuses activités industrielles ou agricoles. Outre les "grands" silos céréaliers (silos portuaires, de report ou de collecte), répertoriés pour l'essentiel dans les rubriques 51 et 63, on trouve notamment ce type d'installations dans les malteries, sucreries, huileries, minoteries, les usines de fabrication d'aliments pour animaux et en marge de certains élevages ou exploitations agricoles.

Les matières stockées ou mises en œuvre sont principalement des céréales, des oléagineux, des légumineuses (luzerne, pois...) et des produits de transformation tels que le sucre, les tourteaux, granulés et farines.

Les silos sont généralement classés en 2 catégories d'une part les silos "verticaux" d'autre part les silos "plats". Si une majorité d'accidents concerne des silos verticaux, les silos plats ne sont pas épargnés (ARIA n°2317, 16638, 16644, 20034, 20340, 21399, 25863, 27405, 27774, 27948, 27971, 29574).

3. Les principaux types d'accidents survenus

Le tableau suivant répartit les 267 accidents français en fonction de leur typologie* .

Typologie de l'événement*	Nombre d'accidents	% du total (267 cas)
Incendies	222	83 %
Explosions	34	13 %
Rejets dangereux	24	9 %
Effondrements et ruptures "primaires" de cellules hors explosion.	13	5 %
Chutes ou/et ensevelissement de personnes dans des cellules.	4	1,5 %
Autres	2	0,7%

*Un même accident peut relever de plusieurs typologies, par exemple un rejet dangereux suivi d'une explosion (ARIA n°5986) ou d'un incendie (ARIA n°26401), un incendie suivi ou précédé d'une explosion (ARIA n°20340, 22534)...

Incendie

Plus de 80 % des événements recensés sont des incendies, le terme incendie étant à prendre au sens large et concernant aussi les "feux couvants".

Si la localisation des départs de feux est très variable et concerne tant des cellules de stockage que des équipements de transport (élévateurs, bandes transporteuses) ou des installations de dépoussiérage, elle peut également concerner les installations connexes. Ainsi, dans 41 cas l'installation de séchage (ARIA n° 10185, 14411, 16403, 21643, 22279, 23448, 28619...) est l'origine de l'incendie. La combustion peut se propager dans le circuit des matières ou des résidus comme l'illustre le feu d'une trémie dans un bâtiment annexe (ARIA n°27789) ou celui d'un cyclone de dépoussiérage (ARIA n°22873).

La combustion dans les cellules de stockage peut dégénérer en explosion. Ainsi par exemple à GUIGNICOURT (02) en 1988, à la suite d'un échauffement une explosion se produit dans une cellule de tournesol, blessant 3 pompiers et 3 employés (ARIA n° 537). A DOUVREND (76) en 2002, une déflagration dans un silo métallique de 360 m³ contenant des anas de lin, blesse 5 pompiers durant l'intervention des secours (ARIA n°22534).



Explosion d'une cellule à Douvrend (76)

Photo D.R.

Il faut également signaler :

- Deux échauffements de courroies et moteurs par frottement, avec émission de fumées, sur des élévateurs. Le premier est survenu après bourrage de l'appareil de transport en l'absence d'asservissement d'un détecteur de niveau plein d'un boisseau et de capteurs de température sur le moteur (ARIA n°14629). Le second s'est produit après des redémarrages successifs à la suite de l'arrêt inexplicable de l'élévateur (ARIA n°22017),
- un incendie d'un réservoir de propane de 100 m³ alimentant un séchoir, durant sa mise en gaz à la suite d'opérations de maintenance (ARIA n°29409),
- deux feux de transformateurs électriques alimentant des silos (ARIA n°22438 et 25708).

Explosion

Des explosions se sont produites dans 34 accidents soit 13 % des événements recensés. Ce type d'accident est le plus redoutable dans l'exploitation des silos, sur les 33 morts enregistrés dans les silos, 27 personnes sont décédées dans des explosions. Les catastrophes de METZ et BLAYE ont à elles seules entraîné respectivement 12 et 11 victimes. Les conséquences dramatiques de l'accident de METZ sont à l'origine de l'introduction, en 1985, des silos dans la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement



Explosion silo de Blaye

Photo D.R.

Parmi les 34 explosions recensées, 2 au moins se sont produites dans des silos "plats". L'une est survenue en 2001 à ALBERT (80) dans un silo "comble" doté de cellules de 8 m de haut environ, pendant des travaux par points chauds sur le "redler" de désensilage (ARIA n°20340). L'autre s'est produite à LE PLESSIS- BELLEVILLE (60) sur un élévateur qui venait d'être mis en marche (ARIA n°21399).

Les rejets dangereux

Ils correspondent pour l'essentiel :

- à des fumées d'incendie (ARIA n° 3951, 31164 ...), des rejets de liquides inflammables ou de gaz (ARIA n° 26401, 5986),
- des émissions importantes de monoxyde de carbone et de méthane à la suite d'auto-échauffement dans les cellules (ARIA n°15499),
- mais aussi à des déversements de grains à la suite de la rupture de capacités de stockage.

Les effondrements et ruptures "primaires" de capacités de stockage, qui ne sont pas la conséquence d'un incendie ou d'une explosion, représentent 13 accidents (n°346, 23368, 25819...) soit 5 % de l'échantillon étudié. Deux ruptures se sont produites durant le chargement d'un camion, libérant 500 t de grains dans un cas (ARIA n° 26862) et dans l'autre à VAILLY sur AISNE (02) (ARIA n°23182) 300 t de céréales et plusieurs m² de béton détaché de la paroi de la cellule. Dans 2 autres accidents (ARIA n°25044, 28394) les cellules se sont rompues au cours de leur vidange entraînant l'épandage de plusieurs centaines de tonnes de grains. A MERU (60), un déversement de céréales sur la voie ferrée PARIS - LE TREPORT, à la suite de l'effondrement d'une cellule, a quant à lui provoqué l'interruption du trafic ferroviaire (ARIA n°24293).

Dans 3 des 13 cas recensés, les capacités se sont rompues ou effondrées durant leur chargement pneumatique (ARIA n°11764, 13112, 18927).

Chutes ou/et ensevelissements de personnes

Quatre accidents mortels concernent des chutes ou/et des ensevelissements d'employés dans des cellules de stockage (ARIA n°23446, 23620, 23597, 26281). Deux d'entre eux au moins sont survenus au cours de travaux de nettoyage ou de purge des silos.

Autres

Il convient aussi de mentionner :

- la déformation d'une cellule métallique de 17 m de haut contenant 400 t. de maïs, sous la pression de gaz de fermentation (ARIA n°10147),
- la rupture de la bêche d'un silo gonflable contenant 44 000 t de céréales lors d'un épisode venteux (ARIA n°17229).

4 Les principales conséquences des accidents

Les principales conséquences des accidents de l'échantillon figurent dans le tableau ci-après.

Conséquences	Nombre d'accidents	% du total (265 cas*)
Morts	12	4,5 %
Blessés graves	6	2,3 %
Blessés	30	11 %
Evacuation	13	5 %
Dégâts matériels internes	241	91 %
Perte de production	73	28 %
Dégâts matériels externes	3	<1 %
Risque d'aggravation	86	32 %
Pollution atmosphérique et des eaux	7	2,5 %

*dans 2 des 267 accidents ou incidents aucune conséquence n'est connue.

Dans 12 accidents (ARIA n° 12042, 14961, 8781, 784, 11657, 16056, 20340, 23446, 23597, 23620, 26281, 30843) on déplore 33 décès dont 23 personnes lors des 2 catastrophes de METZ et BLAYE.

Six explosions ont provoqué à elles seules le décès de 27 personnes dont 23 employés (entreprises ou sous-traitants), 3 chauffeurs (METZ) et une personne du public ensevelie sous les décombres à l'extérieur du silo de BLAYE. Dans 5 de ces 6 accidents, 16 personnes ont également été blessées dont 12 à la suite d'une explosion dans une tour de manutention d'un silo de tourteaux (ARIA n°12042) à BASSENS (33).

Quatre victimes ont succombé à la suite de chutes ou/et d'ensevelissements dans des cellules. Deux autres personnes sont décédées, l'une pendant des travaux de nettoyage dans une cellule (ARIA n° 16056), l'autre asphyxiée par des gaz de fermentation des matières stockées lors d'une vérification du niveau de remplissage d'un silo de 22 m de haut (ARIA n°30843).

Outre les 16 personnes blessées lors d'explosions mortelles, 103 employés ou sous-traitants et 23 pompiers ont été blessés dans 25 accidents à la suite principalement d'explosion ou d'incendie, dont 71 salariés légèrement intoxiqués dans une usine alimentaire (ARIA n°21446). Les lésions les plus souvent citées pour les blessés graves sont des brûlures.

Des dommages externes sont mentionnés dans 3 accidents. A BLAYE, des bris de vitres ont notamment été observés sur des habitations à plusieurs centaines de mètres de l'explosion et des projectiles ont provoqué des dégâts aux installations d'une entreprise voisine (impacts sur des bacs de stockage, rupture de canalisations de transfert entre les bacs et l'apportement public). A METZ, peu de dégâts externes ont été constatés en raison de l'éloignement de la malterie de tout bâtiment ou installation extérieur. Mais les dommages importants relevés (effondrement de la tour de travail, de certaines cellules...) dans un rayon voisin de la hauteur maximum des installations conduiront l'État à imposer pour les nouveaux silos autorisés, une distance d'éloignement d'une fois et demi la hauteur du silo avec un minimum de 50 m par rapport aux locaux occupés par des tiers. Enfin à LA ROCHELLE, l'explosion dans une tour d'expédition associée à 2 silos d'une capacité de 270 000 t a projeté des morceaux de plaques d'amiante-ciment sur des camions stationnés à plusieurs dizaines de mètres (ARIA n° 3524).

Les conséquences sur l'environnement (air, eau) sont peu souvent mentionnées. Les 7 cas répertoriés concernent des émissions de fumées (ARIA n°1179, 2273, 2385, 3951, 15499), une pollution limitée d'une rivière par des eaux d'extinction (ARIA n°2317) et une pollution souterraine à la suite de la "mise en décharge" de déchets de l'accident de METZ à l'extérieur du site d'implantation du silo (ARIA n°8781).

Des risques d'aggravation de l'événement initial, par explosion de poussières ou de gaz, propagation de l'incendie ou effondrement des "ruines" sont redoutées dans près de 30 % des cas (ARIA n° 10147, 11695, 23182, 23247, 25715, 27946, 28619, 29886...).

5 L'intervention des secours

Les feux couvants et les échauffements au sein de matières organiques présentent des risques particuliers pour le personnel, les riverains et les pompiers en raison de :

- la distillation de gaz dans la partie non soumise à l'action directe du feu,
 - la mise en suspension des poussières fines par les dégagements de gaz et de fumées,
 - la formation de CO par combustion incomplète au sein des tas ou par oxydo-réduction sous l'effet de l'humidité.
- Il en résulte un risque d'explosion des gaz et poussières inflammables accumulés dans le stockage. Aussi les services de secours sont amenés à prendre des mesures adaptées pour maîtriser les sinistres dans les meilleures conditions de sécurité possibles.

Dans 33 accidents répertoriés, les secours ont mis en place des périmètres de sécurité sur des distances variant de 100 à 500 m autour de la zone du sinistre, notamment en raison du risque d'explosion (ARIA n° 11659, 17416, 20863, 27774...). Cette mesure de précaution s'est accompagnée pour 13 accidents de l'évacuation d'au moins 1600 personnes (ARIA n° 22898, 25715, 27946, 30788...) dont des élèves d'établissements scolaires (ARIA n° 16912, 29409) ou des clients d'un supermarché (ARIA n° 29886). La circulation ferroviaire a été interrompue dans 7 cas (ARIA n° 11695, 15499, 28596, 29827...). Dans 2 cas, la navigation fluviale a été arrêtée (ARIA n° 11983, 16912).

Dans une quinzaine d'accidents les pompiers ont déversé de la mousse dans des cellules de stockage pour maîtriser des feux de surface de matières stockées et limiter les risques d'explosion (ARIA n° 25575, 28596, 11983, 17416...).

L'utilisation de l'azote dans les cellules et la vidange des capacités de stockage (ARIA n° 11983, 12627, 23247...), pour la réduction des risques d'explosion et l'extinction d'un feu sont des opérations qui peuvent durer plusieurs jours. Ainsi 12 jours ont été nécessaires pour maîtriser le sinistre d'un silo de malt de 10 m de haut (ARIA n° 14380) à Roubaix (59).

Des caméras thermiques ont été utilisées dans 15 accidents au moins, pour la recherche de points chauds (ARIA n° 17816, 20528, 27630, 28660...).

Parfois, les caractéristiques des installations (ARIA n° 10147, 25660), l'inadaptation des équipements fixes utilisés pour la lutte contre l'incendie (ARIA n° 23448), l'altération des produits (ARIA n° 26099), l'importance du dégagement de fumées (ARIA n° 13217, 30107) ou les conditions météorologiques défavorables (ARIA n° 2337), ont rendu difficile l'intervention des services de secours.

Après extinction, la mise en place d'une surveillance (ARIA n° 16912, 31062...) s'avère d'autant plus indispensable que des feux couvants peuvent perdurer (ARIA n° 15363) et que des sur-accidents (explosion notamment) peuvent se produire dans des délais très variables après le 1^{er} événement (ARIA n° 2613).

6 Les circonstances, les causes des accidents et leurs enseignements

Les causes sont connues ou suspectées dans 45 % des cas répertoriés dans la base ARIA avec des niveaux d'information hétérogènes. Les différentes origines des accidents, avérées ou fortement suspectées, sont examinées en fonction des typologies explosion, incendie, et rupture de cellules.

L'explosion

Comme précédemment indiqué, l'explosion qui représente 13 % des accidents de silos est la typologie d'accidents la plus redoutable en raison de sa cinétique et de la gravité des conséquences.

Si les sources d'ignition peuvent être d'origines multiples, **l'empoussièremment est la cause initiale** de ces accidents. La "production" de poussières, inévitable dans l'activité des silos, peut en effet générer des atmosphères explosives susceptibles de provoquer des accidents d'autant plus meurtriers que les quantités mises en jeu seront importantes, le degré de confinement élevé et les personnes exposées nombreuses. La gestion des poussières doit donc constituer une priorité au plan de la sécurité des personnes et des installations. Des systèmes de dépoussiérage compliqués et insuffisants comme par exemple à la malterie de METZ, des installations non nettoyées comme à ALBERT dans la Somme (ARIA n° 20340) - l'épaisseur de céréales et de poussières dépassait plusieurs centimètres sur certaines surfaces - créent les conditions idéales pour la survenue d'explosions. Celles-ci peuvent se propager dans l'ensemble du silo comme à BLAYE ou à METZ après mise en suspension des poussières accumulées dans les autres parties des silos.

A défaut d'événements aménagés dans les parois pour l'évacuation des gaz de combustion générés par l'explosion, la pression augmente dans les équipements ou structures (cellules, tour de travail...) jusqu'à entraîner leur rupture accompagnée d'effets de souffle et de projections de débris. L'absence de "découplage" des différents volumes de l'installation favorise la propagation du souffle de l'explosion, la mise en suspension dans l'air des poussières déposées et leur allumage en régime de déflagration voire de détonation dans certains cas. Ces configurations constituent des facteurs d'aggravation des conséquences de ce type d'accidents.

Les causes d'ignition, avérées ou suspectées, d'atmosphère explosive de poussières voire de gaz peuvent être multiples. Elles sont souvent peu originales.

L'accidentologie met ainsi en exergue **l'importance des phases de travaux**. Si les travaux ne constituent pas en eux-même la cause de l'accident, ils peuvent générer des situations entraînant la mise en suspension des poussières et leur allumage par des points chauds résultant de l'emploi de matériels tels que chalumeau, appareils de meulage, de tronçonnage (ARIA n°20340, 27280...).

Les travaux engendrent des risques spécifiques qu'il est nécessaire d'analyser et de prendre en compte. Ainsi une "analyse de risques" proportionnée aux enjeux est-elle une étape préalable indispensable à toute intervention quelle que soit son ampleur ; cette réflexion doit prendre en compte l'unité directement concernée par les travaux mais également les unités ou équipements liés à celles-ci par leur proximité, le partage d'utilités ou de sécurités communes. Cette analyse doit s'accompagner d'une transposition écrite rigoureuse des règles à respecter au travers de procédures et plannings d'intervention, de consignes de sécurité et de l'information des personnels. La préparation des travaux sur le chantier, avec notamment le dépoussiérage soigné de la zone de travail, est une phase tout aussi importante qui doit être menée avec rigueur, a fortiori s'il est nécessaire d'intervenir par points chauds (meulage, soudage...). Enfin le suivi et la réception des travaux en vue de s'assurer de leur bonne exécution constituent des mesures indispensables à la réduction des risques.



Photo DRIRE Picardie

Explosion à Albert (80)

Des défaillances d'organisation sont fréquemment relevées : absence de permis de feu et maintien en service dans la zone de travaux d'un élévateur non dépoussiéré (ARIA n°784), permis de feu imprécis (ARIA n°13357), analyse et prise en compte insuffisantes des risques (ARIA n°21241). L'explosion de gaz dans un séchoir durant l'intervention de 2 entreprises sous-traitantes à la suite d'une purge sur une conduite alors que 2 autres employés soudent à un niveau supérieur (ARIA n°5986) a également pour origine des défaillances d'organisation. Défaillances organisationnelles encore à METZ où il n'y avait ni consigne incendie, ni consigne particulière pour l'emploi d'outils mécaniques, ni usage du permis de feu, ni interdiction de fumer, ni instruction particulière aux intervenants extérieurs leur permettant de prendre en compte les spécificités de l'environnement d'une malterie. Ces anomalies d'organisation peuvent aussi s'accompagner ou "engendrer" **des erreurs humaines** comme l'illustre l'explosion d'un élévateur en fonctionnement à la suite de travaux de soudage effectuée à l'initiative d'un employé sans précaution particulière (ARIA n°12041).

Des défaillances sont attribuées au matériel : dysfonctionnement d'une sonde de niveau dans un boisseau de pesage d'une sucrerie (ARIA n°12107), ruptures de roulements de palier d'élévateur (ARIA n°12901), dont l'un dans un silo plat (ARIA n°21399), ayant entraîné des étincelles à la suite de frottements.

L'insuffisance de maîtrise d'incidents, auto-échauffements ou combustions est aussi relevée. Elle entraîne l'explosion d'une cellule de tourteau de tournesol, 11 h après l'extinction par les pompiers d'un incendie qui s'était initialement déclaré dans la capacité (ARIA n°2613), ou encore l'explosion dans un silo métallique contenant des granulés de luzerne, après des chocs de l'opérateur sur la paroi de la cellule pour faire s'écouler un reste de produit, alors qu'une nouvelle auto-combustion était décelée 15 jours après un 1^{er} événement qui avait conduit à vidanger la cellule (ARIA n°12672).

Enfin, **d'autres origines** sont recensées comme la présence d'un silex dans un boisseau d'alimentation d'une bascule (ARIA n°15363) ou **des hypothèses** comme à Blaye où l'explosion de poussières dans le circuit de dépoussiérage a été initiée :

- soit par des chocs ou frottements mécaniques au niveau du ventilateur du circuit centralisé de dépoussiérage,
- soit par un début d'incendie par auto-échauffement au niveau de la réserve à poussières.

L'incendie

Parmi les principales causes des incendies, on retrouve de nombreuses similitudes avec celles citées dans le § relatif aux explosions.

Les travaux de maintenance, d'aménagement voire de démantèlement d'installations qui peuvent déclencher directement le sinistre par projection d'étincelles, chute de pièces chaudes ou conduction thermique

(ARIA n°25575, 25660, 30107...) mais qui peuvent également provoquer un dysfonctionnement des matériels tels que des frottements qui initieront l'incendie (ARIA n°21694, 23555). D'autres éléments peuvent aussi être à l'origine d'un incendie comme l'écoulement d'un produit inflammable au cours d'une première intervention qui initie, huit jours plus tard, un feu lors d'une seconde phase de travaux dans le même secteur (ARIA n°26401).

On ne peut que rappeler les risques particuliers engendrés par les travaux et la nécessité de les prévenir par la mise en œuvre rigoureuse de mesures techniques et organisationnelles adaptées. Une "analyse des risques" préalable, une transposition écrite des règles à respecter, la sensibilisation, des opérateurs salariés ou sous-traitants, un nettoyage soigné de la zone de travail et le contrôle des travaux constituent des actions indispensables.

Des défaillances d'organisation telles que l'absence de permis de feu et de nettoyage de la zone de travail (ARIA n°25715), un permis de feu succinct (ARIA n°20273) ou délivré sans analyse préalable ou suffisante des risques (ARIA n°30041), l'absence de contrôle de bon fonctionnement du matériel (ARIA n°11714) ou l'oubli d'une baladeuse électrique dans une capacité (ARIA n°6005, 22898) sont des anomalies pouvant provoquer ou favoriser la survenue d'accidents.

Des défaillances matérielles sur les dispositifs de transport des produits, à l'origine d'échauffements mécaniques ou d'étincelles (élévateurs, convoyeurs...), sont aussi relevées. Elles peuvent concerner des moteurs et courroies (ARIA n°13404, 21140, 23330, 24768) ou des tambours d'entraînement et rouleaux (ARIA n°2429, 13332, 23415, 27878, 29827). Certains dysfonctionnements peuvent provoquer l'inflammation des bandes transporteuses avec des risques de propagation de l'incendie dans les installations. Les accidents n° 27878 et 29827 de septembre 2004 et mai 2005 ont mis en lumière des incertitudes sur la pérennité du caractère auto-extinguible des bandes de "type K" (ignifugation au niveau du revêtement) conforme à la norme NF 20 340. La question de la pérennité de cette caractéristique et celle de l'influence des capotages métalliques dans la propagation du feu (ARIA n°29827), se posent.

Des défaillances des systèmes de dé poussiérage (ARIA n°11129, 20863) et des installations de ventilation (ARIA n°12206) voire la chute d'équipements (moteur) dans une cellule (ARIA n°20979) ou encore des défaillances électriques (ARIA n°2337, 21234) génèrent aussi des sinistres. L'incendie d'une chargeuse dans un silo plat est également à signaler (ARIA n°27405).

Pour les équipements de transport des produits, une détection précoce de dysfonctionnement (contrôleurs de température des paliers, détecteurs de sur-intensité des moteurs...) et la mise en place de bandes non-propagatrices de la flamme sont de nature à en limiter les conséquences.

La recherche des causes profondes des accidents révèle fréquemment que des défaillances matérielles trouvent leur véritable origine dans des défaillances organisationnelles (ARIA n°29886) ou humaines. S'il est impossible d'empêcher toute défaillance matérielle, il est en revanche possible d'en limiter l'occurrence par un programme régulier de maintenance préventive adaptée aux caractéristiques du matériel et aux incidents déjà enregistrés.

L'auto-échauffement des produits dans les cellules ou autres capacités de stockage est également constaté. Une étanchéité défectueuse des stockages (ARIA n°20378, 29574), l'ensilage de produits chauds (ARIA n°7114), une panne de ventilation (ARIA n°2273), l'absence de thermométrie (ARIA n°26099) sont des facteurs favorisant ce type d'événements. Il faut également souligner les risques d'une "aération" intempestive des produits en phase d'auto-échauffement (ARIA n°14194, 15499).



Photo DRIRE

Combustion de granulés de luzerne à Coolus (51)

En outre, les séchoirs sont également des "équipements" générateurs de combustions accidentelles provoquées par la surchauffe des produits à sécher liée à une défaillance de la régulation thermique ou à un dysfonctionnement de leur circulation. La défaillance d'une sonde de sécurité (ARIA n°17044), une panne de la commande d'ouverture de l'extracteur de grains et du système de détection incendie aggravée par une surveillance insuffisante (ARIA n°16403), le coincement d'un godet d'élévateur changé récemment, dans la colonne de séchage (ARIA n°23540), les "caractéristiques" du grain (ARIA n°13218, 14617, 21643), des particules incandescentes émises par le brûleur (ARIA n°18843), un court-circuit sur un coffret électrique (ARIA n°17043), font partie des causes constatées.

Une surveillance et une maintenance rigoureuses de ces installations, la mise en place de procédures d'exploitation et d'intervention en cas de sinistre, une bonne sensibilisation et formation des opérateurs et des sous-traitants semblent indispensables compte tenu du nombre d'accidents et des risques présentés par ces unités.

Enfin des origines externes sont aussi mentionnées telles que : la foudre (ARIA n° 21493), un acte de malveillance ou de négligence (ARIA n°20528).

Les effondrements et rupture de capacités de stockage

Les causes identifiées concernent des défauts de conception et de construction, la carbonatation du béton, la corrosion des armatures métalliques (ARIA n°26862, 23182, 23368). Compte tenu des conséquences importantes pouvant résulter de ces événements, notamment pour les personnes présentes à proximité des installations ou aux postes de chargement (épandage d'une masse importante de produits, déstabilisation d'installations voisines...), il conviendrait que les exploitants s'assurent par un diagnostic périodique du bon état des structures de stockages, complété en cas de doute par une expertise réalisée par un organisme compétent.



Photo DRIRE Picardie

Rupture cellule à Vailly sur Aisne. (02)

7 Les accidents à l'étranger

La base ARIA recense 35 accidents de silos à l'étranger au cours de la période de mai 1960 à décembre 2005. Ce recensement ne prétend pas à l'exhaustivité en raison de l'insuffisance et de l'hétérogénéité des sources de l'information parfois limitées à la presse.

Les conséquences particulièrement dramatiques de certaines explosions confirment, si besoin en était, la nécessité de développer une véritable analyse des risques de chaque installation et de mettre en œuvre rigoureusement les mesures de prévention appropriées. Parmi les accidents les plus meurtriers, il faut citer ceux survenus aux Etats-Unis en décembre 1977, 36 morts et 6 blessés en Louisiane (ARIA n°12259) et 8 morts et 23 blessés au Texas (ARIA n°12260) – en Italie, 6 morts et 13 blessés en 1989 – en Belgique, 5 morts et 4 blessés à Floriffoux en 1993 (ARIA n°4417) – en Iran, 13 morts et 26 blessés en 1994 (ARIA n°5524), – en Syrie, au moins 16 morts et 22 blessés en décembre 2005 (ARIA n°31102)...

Lorsqu'elles sont connues, les causes avérées ou suspectées à l'origine des accidents sont comparables à celles relevées pour les silos français. Ainsi on relève des défaillances organisationnelles notamment lors de travaux comme à Floriffoux en Belgique (ARIA n°4417), l'empoussièrisme excessif des installations (ARIA n°13436), des défaillances matérielles telles que la surchauffe de la partie mécanique d'un convoyeur (ARIA n°4526) ou encore des court-circuits (ARIA n°5524, 31102) et des auto-échauffements (ARIA n°12931, 18601).

Aux Etats-Unis^{*}, l'industrie agroalimentaire comptait en 2001, 10 000 sites de stockage de grains en silos verticaux et un peu moins de 7 000 usines agroalimentaires possédant des silos. 391 explosions de poussières de céréales y ont été recensées pour l'ensemble du processus industriel (stockage et transformation) au cours de la période 1977 – 2000.

Le tableau suivant présente la répartition et les conséquences humaines de ces explosions selon deux périodes articulées autour de l'année 1987, date de la mise en place d'une nouvelle réglementation.

Périodes	Nombre d'explosions	Morts	Blessés
1977 - 1986	214	119	359
1987 - 2000	177	26	189

Au cours de la dernière décennie (1990 – 1999) où 129 explosions sont survenues, les sources probables d'inflammation ont été identifiées dans les 2/3 des cas. Les causes principales sont : les feux (21% des sources identifiées), des échauffements de roulements (25 %), des étincelles de friction (13 %), les soudures et découpes (13%), les courts-circuits électriques (7 %). En ce qui concerne la localisation des explosions primaires (proposée dans 93 % des cas) les élévateurs à godets représentent 48 % des cas, les trémies 15 %, les installations de dépoussiérage environ 10 % et les broyeurs 5 %.

En Allemagne^{*}, le BIA (Berufsgenossenschaftlichen institut für Arbeitssicherheit) qui recense les explosions de poussières de toute nature survenues dans le pays, a enregistré 192 explosions de poussières dans l'industrie agroalimentaire au cours de la période 1970-1995. Les étincelles mécaniques sont la principale source d'inflammation relevée (34 % des cas), la part de chacune des autres origines - points chauds, feu, auto-échauffement, fermentation, courant électrique, décharge électrostatique, surface chaude – varie entre 6 et 9 % ;

dans 20 % des cas l'origine est inconnue. Comme aux Etats-Unis, les élévateurs sont les équipements les plus impliqués (27 %) ; les "silos" (cellules de stockage ?) représentent 21 % des cas, les broyeurs 19 % et les séchoirs 10 %.

Au Canada^{*}, les sources d'inflammation les plus fréquemment identifiées sont : le glissement des courroies en V, l'échauffement anormal des roulements, le glissement des courroies des élévateurs sur la poulie de commande, les machines à moulin et les travaux de soudage et d'oxycoupage. Pour les équipements, les autorités canadiennes retiennent les élévateurs à godets comme ceux présentant les risques les plus importants d'explosion

* *

*

Au-delà des données chiffrées qui peuvent varier d'un pays à l'autre en fonction des périmètres statistiques (installations de stockage ou de transformation), du nombre, des caractéristiques et de l'état des installations, mais aussi des modalités d'exploitation, il convient de retenir les conséquences dramatiques de certaines explosions.

Les accidents dans les silos de stockage résultent le plus souvent d'une combinaison de différentes causes selon des mécanismes connus depuis longtemps et dans lesquels l'empoussièrement des installations est de toute évidence un facteur essentiel. Il est patent que le défaut de nettoyage, la réalisation de travaux sans précaution suffisante, l'insuffisance d'entretien des installations, le comportement inadapté dans le traitement des incidents constituent le fondement même de ces mécanismes. Au-delà des aspects techniques et circonstanciels, le "facteur organisationnel et humain" joue un rôle majeur dans les causes profondes de la survenue de ces accidents.

Dans le difficile domaine de la gestion des organisations humaines où les progrès ne sont jamais définitifs, une vigilance permanente s'impose au sein même de l'entreprise. Une véritable gestion du risque implique une sensibilisation et une formation des différents acteurs de terrain pour réduire la fréquence des accidents. Ceci suppose un engagement permanent de la direction ainsi qu'une concertation étroite entre encadrement, opérateurs et sous-traitants. En outre, la gestion des écarts implique le développement de démarches de vérification, d'audit et de contrôle.

Le retour d'expérience rappelle aussi que les dispositions techniques et organisationnelles comporteront toujours des limites, même si elles doivent être repoussées autant que possible. Aussi, ne peut-on exclure toute possibilité d'accident; c'est la raison pour laquelle des mesures de limitation des effets et de réduction de l'exposition des personnes restent indispensables malgré l'amélioration des mesures de prévention.

** Etude de la réglementation étrangère relative aux silos de stockage de céréales. INERIS. (15 octobre 2001).*