



INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES

Etude de la réglementation étrangère s'appliquant aux silos

Rapport **Final**

MATE

L.PERRETTE – N.DECHY

Direction des risques accidentels

21 mai 2001

Etude de la réglementation étrangère s'appliquant aux silos

Rapport **Final**

MATE

25 septembre 2001

PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE

Ce document comporte 43 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	L.PERRETTE N. DECHY	R.LÖDEL	O.SALVI
Qualité	Ingénieur de la Direction des Risques Accidentels	Délégué aux prestations, Direction des Risques Accidentels	Délégué Scientifique, Direction des Risques Accidentels
Visa	signé	signé	signé

TABLE DES MATIERES

1. RÉSUMÉ	4
2. AVERTISSEMENT	4
3. INTRODUCTION	4
4. LES ETATS-UNIS	5
4.1 Les principaux textes	5
4.2 Les normes.....	9
4.3 Retour d’expérience sur l’application des ces réglementations : éléments de statistiques	14
4.4 Le point de vue d’un expert Américain.....	26
4.5 Contacts aux USA :.....	27
Kansas State University.....	27
National grain and Feed Association	27
5. L’ALLEMAGNE	28
5.1 L’approche réglementaire Allemande.....	28
5.2 L’approche NORMATIVE : VDI 2263	29
5.3 Parallèle avec la problématique française	32
5.4 Quelques éléments de statistiques.....	32
5.5 Contacts.....	34
Umwelt Bundes Amt.....	34
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten	34
6. L’ANGLETERRE	35
6.1 Contexte réglementaire	35
6.2 Les normes.....	35
6.3 Evolutions futures	36
6.4 Contact	36
Health & Safety Executive	36
7. LE CANADA	37
7.1 Le contexte réglementaire	37
7.2 Les normes.....	37
7.3 L’attitude du Canada face à ce risque	37

7.4	Contacts :.....	38
8.	L'AUSTRALIE	39
8.1	Préambule.....	39
8.2	Introduction	39
8.3	Le cadre réglementaire et normatif.....	39
8.4	L'approche pratique retenue par l'australie.....	39
8.5	Éléments d'accidentologie	40
8.6	Contacts.....	41
9.	CONCLUSION	43

1. RESUME

Ce document présente l'approche réglementaire et normative retenue dans quelques pays que sont l'Allemagne, l'Angleterre, le Canada, les USA et l'Australie eu égard aux principes de gestion de la sécurité dans les silos de stockage des céréales. Outre la France, seuls les Etats-Unis semblent disposer d'une réglementation spécifique. Quant aux autres, les principes de prévention et de protection appliqués s'inscrivent dans un cadre plus général de protection des risques majeurs et de protection des travailleurs. L'Australie se distingue des autres pays en ce sens que l'accent est mis sur la conception sûre des silos. Enfin, les Etats-Unis et l'Angleterre insistent sur les compromis coûts/bénéfices liés aux aménagements de sécurité.

Enfin, toute une partie de ce document est consacré à l'accidentologie. Des données particulièrement intéressantes en provenance des Etats-Unis sont présentées.

2. AVERTISSEMENT

L'information transcrite dans ce rapport est le fruit de différents entretiens et échanges de courriers avec des interlocuteurs locaux hétéroclites. Aucune visite d'installation n'a été organisée.

Les textes étrangers synthétisés dans ce document ont été traduits par nos soins. Il est conseillé au lecteur intéressé par le détail de leur contenu de se référer aux documents originaux.

3. INTRODUCTION

Cette étude de la réglementation étrangère s'appliquant aux silos fait suite à une demande du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement en date du 28 décembre 2000. L'étude porte sur l'Allemagne, l'Angleterre, le Canada, l'Australie et les USA.

Ce rapport expose les aboutissements de notre recherche. Il souligne les principaux textes réglementaires et normatifs et s'intéresse pour certains des pays aux données extraites de l'accidentologie. Enfin, nous avons cherché à mettre en lumière la culture de gestion du risque de ces pays afin d'éclairer leurs choix en la matière.

4. LES ETATS-UNIS

4.1 LES PRINCIPAUX TEXTES

4.1.1 Le texte réglementaire :CFR 29, 1910.272

Il existe un texte réglementaire fédéral qui traite de la problématique des explosions de poussières, des incendies et des problèmes relatifs à l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements qui manipulent du grain (« grain elevators »). Les références de ce texte adopté le 31 décembre 1987 sont les suivantes :

Code of Federal Regulation 29, 1910. 272.

Une étude des coûts/bénéfices humains et financiers liés à l'application de cette réglementation a prévalu à son adoption. Les comptes rendus de ces débats sont joints en annexe.

Cette réglementation concerne quelques 10000 sites de stockage aux USA (dont 311 sites terminaux) et près de 7000 entreprises agroalimentaires qui possèdent également des stockages importants.

4.1.1.1 Ses orientations et son contenu

Ce texte de loi couvre les thèmes suivants :

- Les procédures d'urgence (emergency action plan),
- La formation du personnel (training) :

La formation est au moins annuelle et survient dès lors qu'un employé change de poste. Cette formation doit à minima couvrir les points suivants : mesures préventives destinées à se prémunir des explosions de poussières, procédures spécifiques à leurs tâches (nettoyage, débouillage...). En outre des formations plus spécifiques traitent des aspects liés au permis de feu et au permis de pénétrer.

- procédures de consignation / déconsignation (arrêts des équipements et isolement des sources de puissance pour l'interventions de maintenance...),
- procédure de pénétration en espace confiné,
- plans de prévention,
- Mise en œuvre d'un plan de nettoyage des locaux. :

Des aires de nettoyage prioritaires sont à définir. Les aires de nettoyage prioritaires comprennent au minimum : une surface d'un rayon de 10 m autour de l'élévateur à godets, le sols des espaces clos contenant des équipements de broyage, les locaux contenant des séchoirs. Le seuil d'empoussièrement limite a été fixé à 3,2 mm en couche dans les aires de nettoyage prioritaires. L'utilisation d'air comprimé est à proscrire hormis dans le cas où toutes les machines qui présentent des sources d'ignition potentielles sont à l'arrêt.

- Les postes de déchargement doivent être équipés de grilles dont le pas est au maximum de 6,35 cm,

- Les filtres à poussières :

Tous les filtres à poussières intégrés dans un système pneumatique de collecte de poussières doivent être équipés d'un système de contrôle de l'augmentation des pertes de charges dans le filtre. Par ailleurs, les dépoussiéreurs installés après le 30 mars 1998 doivent être situés hors de l'établissement. S'ils sont à l'intérieur, ils doivent soit être équipés d'un système de suppression des explosions, soit être placés dans un local séparé des autres pièces par un mur CF 1 heure. En outre, il doit être équipé d'évents qui déchargent vers l'extérieur.

- Les procédures de maintenance :

Les opérations de maintenance consistent en un contrôle périodique des équipements mécaniques et de sécurité associés aux séchoirs, aux équipements de traitement du grain, aux dépoussiéreurs et aux élévateurs à godets. Ces opérations impliquent la lubrification des équipements et toutes autres opérations recommandées par le constructeur. L'exploitant doit corriger dans les meilleurs délais les mal-fonctions du système de dépoussiérage. De la même manière, les roulements à billes qui chauffent de manière excessive ainsi que les courroies qui se désalignent doivent être retirés du service. Cette règle s'applique aux élévateurs à godets intérieurs*. Les opérations de maintenance et inspections doivent être consignées.

- La mise en place sur les équipements de traitement / manutention du grain de dispositifs efficaces pour en extraire les débris métalliques,

- L'évacuation du personnel

L'exploitant doit équiper les galeries sous toitures d'au moins deux sorties de secours. Il doit fournir au moins une sortie de secours dans les tunnels des élévateurs existants. Deux sorties doivent être prévues pour les élévateurs nouvellement construits.

- Les séchoirs à grains (direct heat grain dryers) doivent être équipés de boucles de contrôle destinées :

- à arrêter l'alimentation en énergie dans le cas d'un arrêt de la flamme, d'un dysfonctionnement de la source d'énergie ou d'un arrêt de la circulation de l'air au travers du ventilateur d'extraction,
- à arrêter l'alimentation en grains dans le séchoir en cas de température excessive dans la section d'extraction du séchoir.

Les séchoirs à grains installés après le 30 mars 1998 doivent être situés hors de l'établissement. Dans la cas où ils se trouvent à l'intérieur, ils doivent soit être équipés d'un système de suppression des explosions, soit être placés dans un local séparé des autres pièces par un mur CF 1 heure. En outre, il doit être équipé d'évents qui déchargent à l'extérieur.

1

- Débouillage des élévateurs :

Les élévateurs à godets intérieurs* qui sont engorgés ne doivent pas être décongestionnés par des démarrages et des arrêts successifs du système (jogging).

- Conductivité des courroies

Les courroies et les revêtements de poulies destinés à en augmenter la friction achetés après le 30 mars 1988 doivent être conducteurs de l'électricité. Leur résistance ne doit pas excéder 300 mégohm.

¹ *Élévateur à godets intérieur : élévateur dont le pied et plus de 20% de la jambe (partie hors sol) sont implantés dans les bâtiments du silo.

- Les élévateurs à godets

Tous les élévateurs à godets doivent être équipés, avant le 1^{er} avril 1991, d'accès à la poulie de tête afin de permettre l'inspection de la tête de l'élévateur et du point de déchargement.

(4) En outre l'exploitant est tenu avant le 1^{er} avril 1991 d'équiper les élévateurs à godets :

- de roulements externes,
- de dispositifs de suivi des vibrations et de la température ou d'autres dispositifs destinés à suivre le fonctionnement des roulements qui demeurent montés à l'intérieur de l'élévateur.

(5) Avant le 1^{er} avril 1991, l'exploitant doit équiper les élévateurs à godets d'un dispositif de suivi de la vitesse qui arrête le fonctionnement de l'élévateur dès lors que sa vitesse de déplacement est réduite de 20% par rapport à sa vitesse normale.

(6) Avant le 1^{er} avril 1991, l'exploitant doit équiper l'élévateur d'un dispositif destiné à surveiller l'alignement de la bande. Une alarme doit être déclenchée lorsque la bande s'écarte de sa piste. Alternativement il peut l'équiper d'un système destiné à empêcher que la bande ne se désaligne.

Les deux paragraphes précédent(5) et (6) ne s'appliquent pas aux installations dont la capacité de stockage permanente ne dépasse pas 1 000 000 de boisseaux US (35240 m³) à condition qu'une inspection visuelle du mouvement des godets et de l'alignement de la bande soit entreprise quotidiennement.

Les paragraphes référencés (4), (5) et (6) ne s'appliquent pas :

- Aux élévateurs à godets équipés d'un système de suppression des explosions capables de protéger au moins la tête et le pied de l'élévateur,
- Aux élévateurs à godets intégrés dans des systèmes de dépoussiérage pour lesquels la concentration en poussières dans l'élévateur, demeure inférieure à 25% de la LIE à tout moment de l'exploitation.

4.1.2 Enjeux de cette réglementation

Cette réglementation porte avant tout sur la prévention des explosions. Elle insiste plus particulièrement sur les procédures de maintenance et de nettoyage, sur la formation du personnel et sur la sécurité des élévateurs à godets. Il n'est fait aucune prescription en terme de protection des élévateurs, galeries et cellules. Aucune distance d'éloignement n'est retenue ni même la limitation du personnel à l'intérieur des locaux. Elle intervient alors que les explosions de poussières dans les sites de stockage de céréales continuent à faire de nombreuses victimes.

Au travers de paragraphes précédent on distingue que les mesures destinées à assurer la sécurité des installations peuvent être soit du domaine préventif soit du domaine de la protection. Les deux principes n'étant pas exigés simultanément.

Outre la réglementation, il existe des standards nationaux tels que ceux publiés par la National Fire Protection Association (NFPA).

4.2 LES NORMES

Les normes américaines dont nous allons faire état formulent des exigences plus strictes et plus complètes que la réglementation. Ainsi, le respect de ces normes témoigne t'il automatiquement du respect de la réglementation.

Dans le domaine des installations de stockage de grains (« grain handling facilities »), les normes ci-dessous sont proposées :

- NFPA 61B : raw agricultural commodities (exploitations agricoles),
- NFPA 61 C : Feed mills (industries d'aliments pour le bétail),
- NFPA 61D : Facilities handling agricultural commodities for human consumption (industries agroalimentaires),
- NFPA 66 : Pneumatic conveying systems for agricultural commodities (transports pneumatiques pour l'industrie agroalimentaire),
- NFPA 68 : Guide for explosion venting (guide pour la mise en œuvre d'évents d'explosion),
- NFPA 69 : Explosion prevention systems (principes de prévention des explosions),
- NFPA 91 : Dust removal and exhaust systems (dépoussiéreurs et systèmes d'extraction),

Enfin d'autres règles peuvent s'imposer aux exploitants à la demande des assureurs. Factory Mutual publie des règles pertinentes dont voici les références :

- Prevention and mitigation of combustible dust explosions and fire, FM Global, Property loss prevention data sheets 7-76 (explosions de poussières et incendies : mesures de prévention et de protection),
- Grain Storage and Milling, FM Global, Property loss prevention data sheets 7-75 (silos de stockage et installations de broyage),
- Dust Collector and collection systems, FM Global, Property loss prevention data sheets 7-73 (systèmes de dépoussiérage).

Le contenu de la norme NFPA 61 est présenté ci après.

4.2.1 NFPA 61 : Standard for the prevention of fires and dust explosions in Agricultural and food products facilities (1999 edition)

(Norme pour la prévention des incendies et des explosions de poussières dans les installations agricoles et agroalimentaires)

4.2.1.1 Dispositions constructives

Parmi ces dispositions constructives, on y retrouve la recommandation de tenir à distance les locaux abritant du personnel non opérationnel. Une distance d'éloignement de 30 mètres est retenue dans le cas des silos en béton. Cette distance peut être réduite à 15 mètres dans des cas particuliers (élévateurs à godets extérieurs, élévateur à godets protégés par un système de suppression des explosions, contraintes liées à l'emplacement). Enfin, ces locaux ne doivent en aucun cas se trouver au dessus de galeries souterraines dans lesquelles sont transportées le grain.

Cette distance de 30 mètres est également revue à la baisse dans le cas des silos métalliques, et dans le cas des silos en bétons protégés par des surfaces de décharges. La distance d'éloignement retenue est alors de 15 mètres.

Afin de maîtriser la présence de combustible dans les locaux (maîtrise des explosions secondaires), il est demandé de limiter les surfaces horizontales et de promouvoir les revêtements muraux qui ne soient pas de nature à accrocher la poussière.

En terme de compartimentage, il est demandé de séparer les aires de stockages des aires de travail par des murs stable au feu de degré 2 heures (« fire résistant »). Les ouvertures dans ces murs doivent en outre être réduites au strict nécessaire en terme de nombre et de dimension. Un dispositif automatique doit prévoir la fermeture en cas de détection d'un incendie, des passages maintenus ouverts pour des raisons inhérentes à l'activité.

Quant à l'évacuation du personnel, les tunnels sous-terrains et les voies de circulation d'une longueur au moins égale à 15 mètres doivent disposer de deux sorties distantes. Il en est de même pour les galeries sur-cellules. Les voies d'évacuation verticales doivent être cloisonnées.

4.2.1.2 Ventilation de l'atmosphère

Les systèmes de recyclage de l'air doivent être équipés de filtres à poussières dans les zones où existe un risque d'explosion de poussières. Les cellules doivent être ventilées afin d'en extraire les poussières lorsqu'il est procédé aux opérations de vidange et de remplissage. L'air extrait ne doit pas être réintroduit dans le bâtiment à moins qu'il ait été efficacement épuré de sa poussière.

4.2.1.3 Prévention des explosions, événements et surfaces soufflables

On y retrouve la recommandation d'avoir recours à des surfaces soufflables et aux événements afin de protéger les lieux dans lesquels existe un risque d'explosion de poussières. Cette disposition prend effet dans la limite des contraintes inhérentes à l'installation (galerie souterraine, géométrie des cellules). Ces surfaces de décharge ne doivent pas pouvoir se refermer après ouverture et doivent demeurer solidaire au bâti après ouverture.

Outre l'utilisation de surfaces de décharges, des mesures telles que la résistance à la surpression et la suppression des explosions sont retenues. L'inertage est également évoqué. La norme NFPA 69 traite plus particulièrement de ces points.

4.2.1.4 Les équipements de travail

Il est d'abord question des roulements à billes. Ceux-ci doivent être de type à limiter les frottements. Il doivent être entretenus selon les recommandations du fabricant sans pour autant être lubrifiés de manière excessive. Ils doivent être libres de tous dépôts de poussières. En outre, les roulements des convoyeurs et des élévateurs doivent être situés à l'extérieur du bâti et isolés des flux de matière. Il existe des exceptions en fonction de la vitesse de rotation et de la nature même des roulements.

4.2.1.4.1 Les convoyeurs

Les courroies de transmission quant à elles doivent être conductrices de l'électricité (résistivité inférieure à 1 mégohm). Les dispositifs de convoyage doivent être équipés de dispositifs d'arrêt automatique en cas de bourrage ou bien de systèmes de débouillage. En outre ils doivent être cloisonnés dans des caissons métalliques. Une résistivité limite est fixée pour les bandes transporteuses qui doivent par ailleurs être résistantes à l'huile et au feu. Les tuyaux de descente doivent être étanches aux poussières.

◆ Cas des élévateurs à godets

Seuls les élévateurs à godets dont moins de 20% de la partie aérienne est cloisonnée dans la structure du silo doivent être utilisés pour le transfert du grain brut. Des exceptions existent à cette règle. Il s'agit par exemple des élévateurs protégés et des élévateurs dont la vitesse de transfert est inférieure à $2,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Il est demandé que les élévateurs nouvellement construits disposent de surfaces de décharge. Des règles précises définissent la disposition de ces surfaces de décharge le long de la structure de l'élévateur. Ces décharges ne doivent pas se faire dans le bâtiment.

Les éléments de ces installations doivent être le plus étanches possible à la poussière. Des matériaux non-combustibles doivent être utilisés pour leur fabrication. Des accès doivent être prévus au pied et à la tête de l'élévateur afin de le nettoyer et de contrôler l'alignement de la bande. La performance de la motorisation de l'élévateur est également passée en revue. Une réduction de la vitesse de la courroie (perte de vitesse de 20%) doit déclencher une alarme. Dans certains cas, il est également demandé de suivre le niveau vibratoire et le niveau de température des roulements. Les réceptacles dans lesquels sont déversés le grain en sortie d'élévateur doivent provoquer l'arrêt du système ou bien émettre une alarme en cas de niveau haut de ceux-ci.

◆ Autres équipements de travail, autres règles

Des systèmes destinés à retirer les débris présents dans le grain (aimants, grilles...) doivent se trouver en amont de l'élévateur. Des dispositifs similaires doivent être présents en amont des systèmes de traitement du grain (broyeurs...). Les équipements de travail doivent être équipotentiels et reliés à la terre. Tous les équipements doivent être conçus de manière à en faciliter le nettoyage.

Les vis transporteuses et autres convoyeurs doivent être cloisonnés et doivent disposer de systèmes d'arrêt en cas de bourrage.

Les métaux qui ont la propension à générer des étincelles ne doivent pas être employés dans les équipements de broyage.

Les canalisations doivent être en métal. Les plastiques conducteurs sont tolérés.

Lorsque plus d'une source de grain est connectée à un convoyeur ou à un point de collecte, chacune des sources doit être découplée (utilisation de sas alvéolaires, de fermetures rapides...).

◆ Les séchoirs à grain.

L'accumulation de matière combustible doit être évitée. L'implantation des séchoir est soumise à des règles d'éloignement. Ils doivent être en matériaux non-combustibles. Enfin, il existe toute une série de dispositions relatives au système de chauffage de l'air, au boucles de contrôles de sécurité, aux systèmes de protection et de détection, au contrôle des sources d'ignition, aux systèmes de suppression et d'extinction, et enfin aux contrôles et aux inspections auxquelles doit être soumis le séchoir.

◆ Le contrôle de l'empoussièrement

Il faut tout d'abord veiller à éviter les fuites de poussières au niveau des procédés. La poussière présente sur le sol doit être régulièrement nettoyée. L'usage d'air comprimé pour procéder au nettoyage n'est pas recommandé. Il est assujetti à certaines règles lorsqu'il en est néanmoins fait usage.

Le retour de la poussière dans le procédé doit se faire en aval du point de collecte et ne doit pas générer un nuage de poussières. Tout en respectant la règle précédente, il est autorisé de réintroduire la poussière de grain en amont ou en aval des convoyeurs. La poussière extraite ne doit pas être transportée seule à moins que ce ne soit dans des systèmes extérieurs prévus à cet effet. Les ventilateurs utilisés pour le transport de la poussière doivent être adaptés à la zone d'usage (contrôle des sources d'ignition).

Les systèmes de dépoussiérage doivent être situés à l'extérieur des bâtiments et doivent être protégés. Des exceptions existent à cette règle. Les composants des systèmes de dépoussiérage doivent être non combustibles. Les systèmes de dépoussiérage doivent être en fonctionnement avant la mise en route des équipements de travail. L'arrêt intempestif d'un système de collecte des poussières doit déclencher une alarme. Une procédure automatique ou non doit ensuite indiquer la marche à suivre et les équipements à arrêter. La perte de charge des médias filtrants doit être contrôlée. Les équipements de stockage de la poussière de grain doivent être non combustibles et étanches à la poussière. En outre, ils doivent être situés à l'extérieur du bâtiment. Le système de transfert doit être découplé. La réintroduction d'air filtré dans le bâtiment est toléré s'il garantit l'absence de retour de poussières et la non transmission de l'énergie développée par un incendie ou une explosion.

◆ Systèmes de transport pneumatique

Cette section traite à la fois des principes de sécurité des transports pneumatiques (canalisations, séparateurs) en terme relativement à leur conception et à leur installation.

4.2.1.5 Protection incendie des bâtiments

Les systèmes de protection installés (extincteurs, sprinklers...) doivent être conformes aux normes en vigueur. Chaque bâtiment doit disposer d'une procédure incendie écrite. Cette procédure doit donner lieu à des exercices.

Il est traité plus particulièrement des feux de roulements pour lesquels il est indiqué qu'ils doivent être éteint par l'application douce d'un brouillard d'eau. Le but étant d'éviter la mise en suspension de poussières combustibles. Le feu d'un roulement situé à l'intérieur des équipements doit donner lieu à l'arrêt de l'équipement.

4.2.1.6 Autres recommandations

Les équipements électriques doivent être d'un type adapté à la zone d'usage.

Il faut avoir recours à un permis de feu pour tous travaux par points chauds. Quoi qu'il en soit, le travail par points chauds est à proscrire lorsque les équipements sont en fonctionnement.

Les équipements qui produisent des étincelles ne doivent pas être utilisés en présence de poussières combustibles.

Des systèmes destinés à arrêter les étincelles doivent équiper les cheminées d'échappement de véhicules diesels. Le remplissage des réservoirs doit avoir lieu en extérieur. Les moteurs et organes de transmission doivent être régulièrement dépoussiérés.

Il est interdit de fumer hormis dans les lieux désignés à cet effet.

Des plans de prévention doivent être établis.

4.3 RETOUR D'EXPERIENCE SUR L'APPLICATION DES CES REGLEMENTATIONS : ELEMENTS DE STATISTIQUES

Entre 1869 et 1965, 1120 explosions ont été recensées aux Etats-Unis par la NFPA. La moitié de ces explosions sont survenues dans le secteur agro-alimentaire. Par ailleurs, 391 d'entre elles ont été accompagnées de pertes humaines ou de blessés.

4.3.1 Les explosions de poussières dans l'agro-alimentaire aux Etats-Unis

4.3.1.1 Produits concernés

Répartition historique :

Parmi les 1120 explosions recensées par la NFPA entre 1869 et 1965, 566 se sont produites dans le secteur de l'alimentation et le secteur agricole. La répartition de ces explosions en fonction de la nature des produits manipulés est présentée dans le graphique ci-dessous:

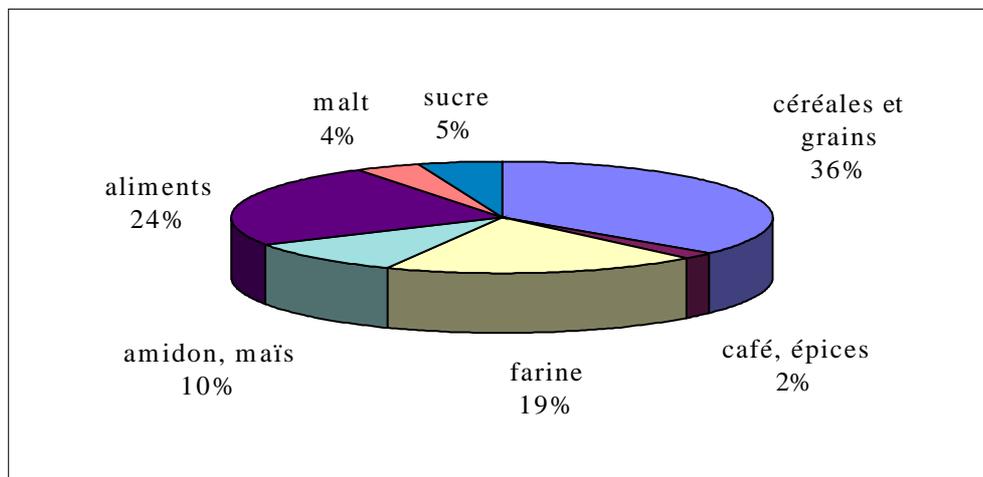


Figure 4-1: répartition des explosions de poussières dans les industries de l'agro-alimentaire aux Etats-Unis (/2/,/3/)

Les poussières de céréales et de grains, les **aliments** ainsi que la farine comptent parmi les pulvérulents les plus impliqués dans les explosions.

Répartition sur la décennie 1991-2000

Les données présentées dans ce chapitre (/4/) nous ont été fournies par Mr Robert Schoeff (voir contact à la fin du chapitre). Mr Schoeff assure la collecte et la diffusion des données statistiques relatives aux explosions de poussières survenant dans les installations agroalimentaires.

La lecture de ces données nous indique tout d'abord une évolution par rapport aux années précédentes quant à la nature des pulvérulents le plus souvent incriminés dans les explosions de poussières.

En effet, au cours de la décennie écoulée, près de la moitié (60 sur 122) des explosions ont impliquées des poussières de maïs.

En second rang et dans une moindre mesure viennent les poussières de blé (10%), puis les poussières de soja (5.5%), les poussières d'amidon de maïs (5%), les poussières de riz (4,5%) et enfin une diversité de poussières d'autres céréales qui comptent pour moins de 3% des cas.(/4/)

L'inégalité des différents produits face au phénomène d'explosions peut sans doute s'expliquer par la prévalence de certaines cultures (maïs..) fasse à d'autres sur le sol américain.

4.3.1.2 Evolution de l'accidentologie

Evolution globale

Au cours du dernier siècle, 1074 explosions de grains ont été recensées. Les 20 dernières années ont contribué à ce chiffre à hauteur de 220 explosions. Ces 220 explosions ayant par ailleurs engendrées la mort de 148 personnes (/1/,/4/).

Les éléments d'accidentologie qui ont pour partie servi de base aux débats relatifs à la constitution et à l'adoption de la nouvelle réglementation américaine couvrent la période allant de 1974 à 1984. Au cours de cette période, les 229 explosions qui ont été rapportées ont provoquées la mort de 159 personnes et en ont blessées 477 autres (/5/).

En 1987, 14 000 sites de stockage de grain avec silos verticaux et environ 9500 usines de l'agro-alimentaire possédant leurs propres silos de stockage coexistaient aux EU (/5/). Cette activité employait alors 17 800 personnes.

Aujourd'hui, on compte près de 10n 000 sites de stockage de grain en silos verticaux et un peu moins de 7000 usines agro-alimentaires possédant des silos de stockage. Nous ne disposons pas d'information relative au nombre de travailleurs concernés.

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des explosions de poussières dans l'industrie agro-alimentaire (stockage et transformation) aux Etats-Unis, en terme de fréquence et de conséquences au cours de la période 1977-2000 (/4/).

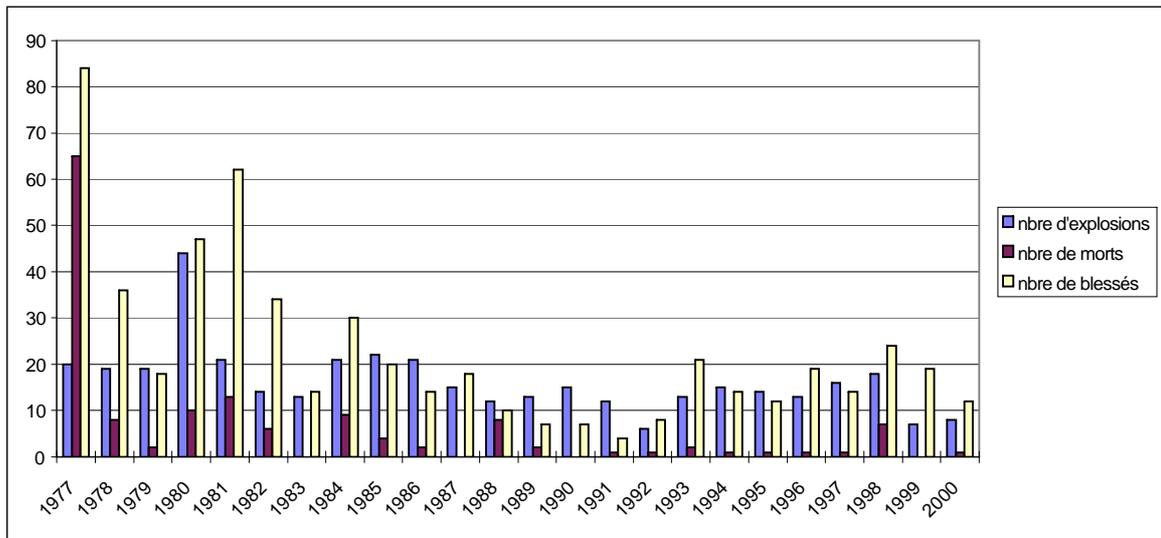


Figure 4-2: les explosions de poussières dans l'industrie agro-alimentaire au cours de la période 1977-2000 aux Etats-Unis (/2/,/4/,/6/)

Sur les 24 dernières années, il y a eu 391 explosions de poussières de céréales recensées (soit 16 par an environ). Les conséquences humaines s'élèvent à 145 morts (soit 6 par an) et 548 blessés (près de 23 par an).

Sans présager des contextes dans lesquels ces explosions sont survenues, on peut dire que ces explosions ont eu des conséquences mortelles dans un tiers des cas et que chacune a blessé 1,4 personnes en moyenne.

Le graphique présenté permet de dégager 2 grandes périodes qui s'articulent à peu près autour de l'année 1987 (date de la mise en place de la nouvelle réglementation) :

- Période 1977-1986* : sur cette période, il a été recensé 214 explosions de poussières de céréales (soit 21 par an). Ces explosions ont engendré 119 morts (soit près de 12 morts par an) et 359 blessés (soit près de 36 par an). Sur cette période, une explosion de poussières provoquait 0,5 morts en moyenne et 1,7 blessés.
- Remarque* : en excluant l'année 1977 qui a connu un mois de décembre particulièrement dramatique (Westego : 36 morts, 15 blessés ; Nouvelle-Orléans : 31 morts, 6 blessés et Galveston : 18 morts et 23 blessés), les tendances pour cette période (1978-1986) sont : 21 explosions par an, 6 morts par an et 30 blessés par an. Les explosions avaient alors pour conséquence la mort de 0,25 personnes et la blessure de 1,4 autres.
- Période 1987-2000* : sur cette période, il a été relevé 177 explosions de poussières de céréales (soit 12,6 par an) qui ont eu pour conséquence 26 morts (soit moins de 2 morts par an) et 189 blessés (soit un peu plus de 13 par an). Sur cette période, une explosion de poussières pouvait en moyenne provoquer la mort de 0,14 personnes et blesser un peu moins d'une personne.

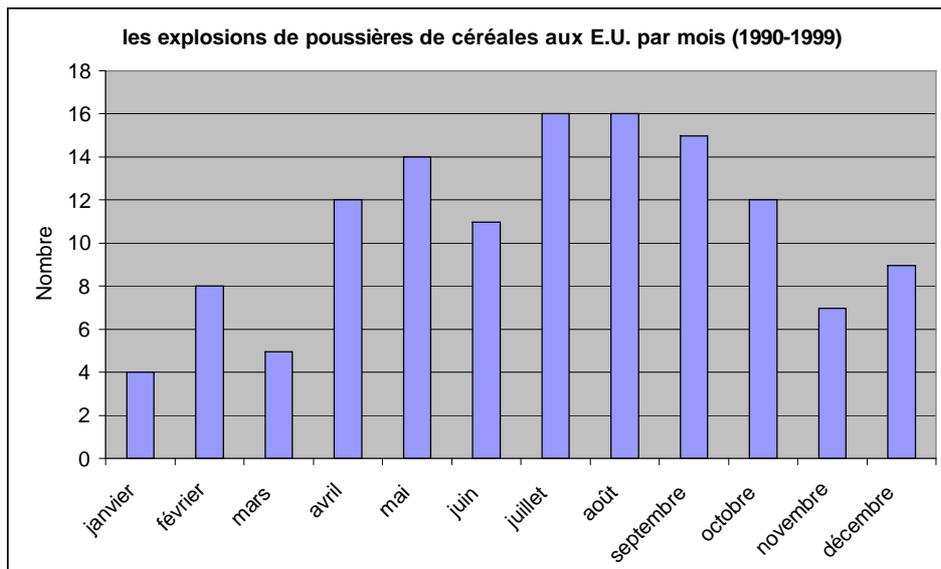
Ainsi, ces données nous indiquent que la fréquence des explosions tout autant que leur gravité en terme de conséquences humaines ont été réduites de moitié au cours de la dernière période.

Evolution récente sur la décennie 1990-1999, remarques spécifiques

Sur cette période, les E.U. ont enregistré, en moyenne, près de 13 explosions de poussières de céréales par an (de 6 à 18) pour un total de 129. Elles ont eu pour conséquences cumulées la mort de 15 personnes (dont 7 en 1998) et 142 blessés (/4/).

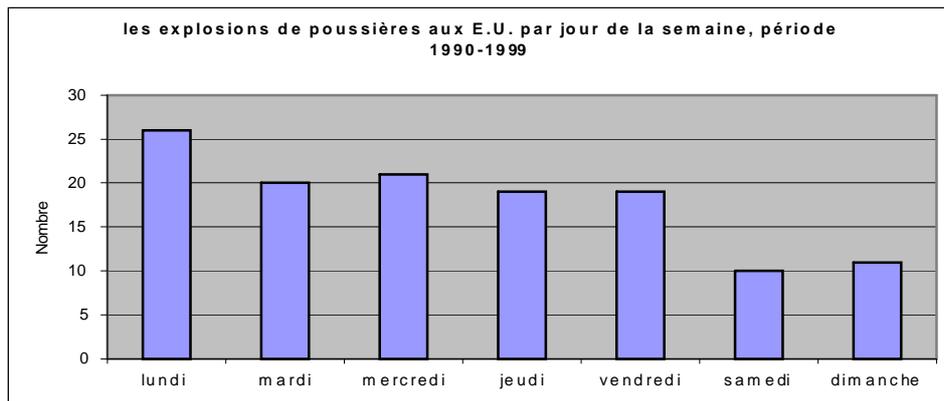
M. Schoeff a également constaté plusieurs évolutions remarquables quant à l’occurrence des explosions de poussières de céréales :

- *Une recrudescence estivale des explosions* : En moyenne, il a été recensé 6,6 explosions par mois (de novembre à mars) contre plus du double soit 13,7 explosions par mois d’avril à octobre. La saisonnalité et les conditions météorologiques (conditions de stockage et de manutention) peuvent expliquer cette singularité.

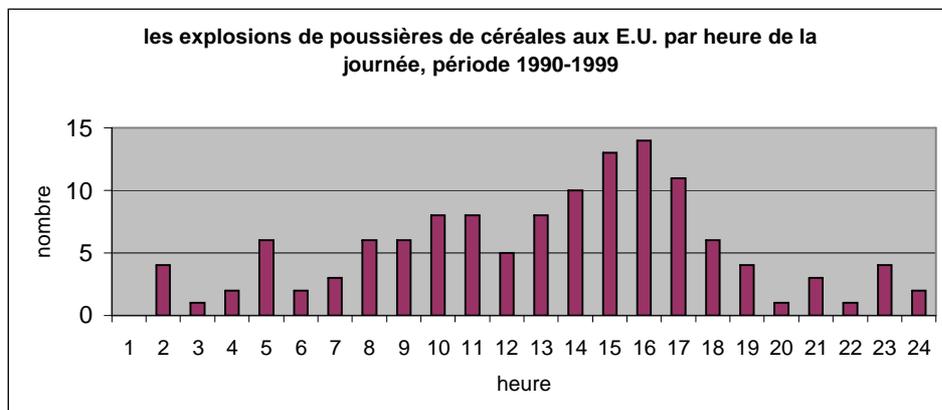


- Une recrudescence journalière de l'occurrence des explosions : Il survient 2 fois moins d'explosions les samedi et dimanche en comparaison aux autres jours de la semaine. Le lundi connaît une recrudescence d'explosions de 30% en comparaison aux 4 autres jours de la semaine.

Ces chiffres peuvent être directement liés à l'intensité de l'activité (activité réduite le samedi et dimanche) tout autant que la mise en marche des installations (lundi).



- Une recrudescence horaire de l'occurrence des explosions : La variation de la fréquence des explosions semble pouvoir être liée à l'intensité de l'activité au cours d'une journée d'exploitation (pic d'activité entre 10h et 19h).

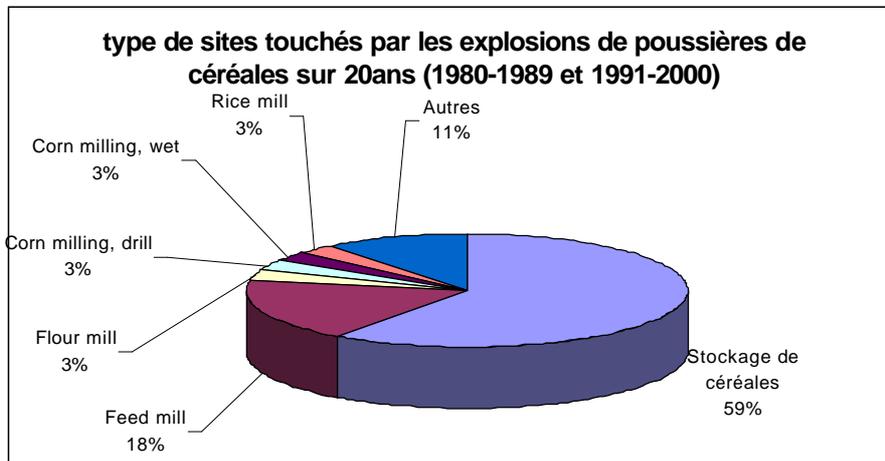


Année 2000

8 explosions ont été rapportées en 2000 contre 7 en 1999, soit moins que la moyenne une décennale établie à 12,1 explosions/an. 1 mort et 12 blessés ont été dénombrés au cours de cette année 2000.

4.3.1.3 Sites touchés ces 20 dernières années

Le graphique suivant indique que les installations les plus touchées sont les stockages de céréales (3 cas sur 5) et dans une moindre mesure les usines de fabrication d'aliments (feed mill, près d'1 cas sur 5). Les autres d'installations touchées par les explosions de poussières demeurent marginaux (<3%).



4.3.1.4 quelques exemples d'explosions de poussières aux Etats-Unis

Le tableau suivant liste les principales explosions de poussières qui ont eu lieu depuis 1977 aux Etats-Unis dans le domaine agro-alimentaire.

Ces explosions de poussières du secteur agro-alimentaire ont été retenues pour leur caractère particulièrement meurtrier.

date	lieu	victime
01/12/1977	Westego, Louisiane	36 morts, 15 blessés
22/12/1977	Nouvelle Orléans	31 morts, , 6 blessés
28/12/1977	Galvestone, Texas	18 morts, 23 blessés
01/02/1980	Minneapolis, Minnesota	2 morts, 7 blessés
30/09/1980	Hendrix, Minnesota	3 morts, 4 blessés
07/04/1981	Corpus Christi, Texas	9 morts, 31 blessés
07/04/1981	Bellwood, Nevada	2 morts, 1 blessé
26/04/1982	Bluff-Council, Iowa	5 morts, 24 blessés
22/08/1997	Elm Creek, Nebraska	1 mort, 2 blessés
08/06/1998	Sedgwick County, Kansas	7 morts, 10 blessés
15/05/2000	Rosemont, Montana	1 mort, 4 blessés

Tableau : les explosions de poussières les plus meurtrières dans le secteur agro-alimentaire aux Etats-Unis (/6/, /7/)

4.3.1.5 les causes des explosions aux Etats-Unis

La détermination de la source d'inflammation est riche d'enseignement.

Les travaux de soudure, les courts-circuits, la présence d'un corps étranger dans les installations, les feus directs ou encore les frictions sont les sources d'inflammation les plus courantes (Figure 5-3).

Ces donnée nous sont fournies par une étude réalisée entre 1958 et 1978 par la NFPA sur 250 explosions dans l'industrie agro-alimentaire.

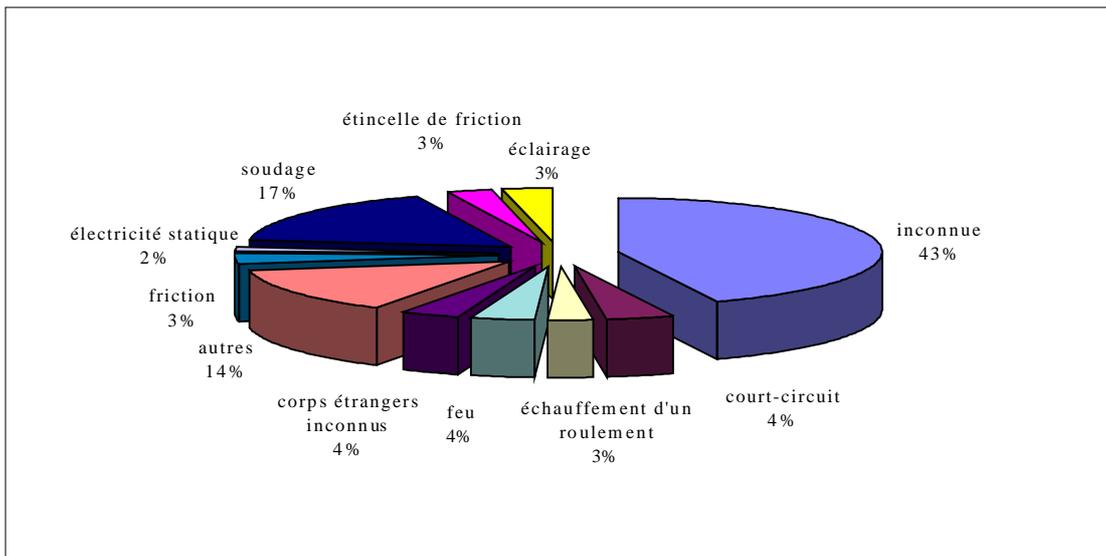


Figure 4-3: les sources d'inflammation probables dans l'industrie agro-alimentaire aux Etats-Unis (/17/)

Nous remarquerons que les sources d'inflammation demeurent indéterminées dans de nombreux cas. Par ailleurs, ces statistiques nous indiquent que les sources d'inflammation impliquées dans les réactions d'explosion sont très diversifiées. Enfin, nous noterons la prévalence des travaux de soudage comme source d'inflammation avérée des explosions de poussières.

Sources d'inflammations au cours de la dernière décennie 1990-1999

Sur cette période (129 explosions), à l'instar de la période précédente, la source d'inflammation n'a pas pu être identifiée dans 33 % des cas. Ce constat témoigne du caractère insidieux et insoupçonné des source d'inflammation.

Source d'inflammation	Part dans les sources identifiées (%)	Part globale(%)
feu	21	14
Problème sur les roulements	25	17
étincelles	13	9
Soudure/découpe	13	9
Surface chaude	10	7
Court-circuit	7	5
Corps étranger	1	0.5
Autres	9	6
Non identifiées		33

On constate par ailleurs la caractère toujours diversifié des sources d'inflammation. On remarquera cependant que certaines sources se démarquent plus nettement que par le passé : feu, problème sur les roulements, étincelles et surface chaude.

La part des travaux par points chauds est divisé par 2. Cette avancée traduit sans doute peut une meilleure application des mesures de prévention qui les accompagne ainsi qu'une meilleure sensibilisation du personnel aux risques encourus lors de ces d'opérations.

Année 2000

Les explosions survenues au cours de l'année 2000 nous enseignent que les travaux par points chauds ont été à nouveau la cause la plus fréquente d'inflammation (2 explosions et un incendie).

4.3.1.6 les Equipements où se produisent les explosions de poussières aux Etats-Unis

Une étude réalisée par la NFPA entre 1958 et 1978 sur 250 explosions a permis d'identifier et de classer les équipements qui sont le siège d'explosions primaires dans l'industrie agro-alimentaire.

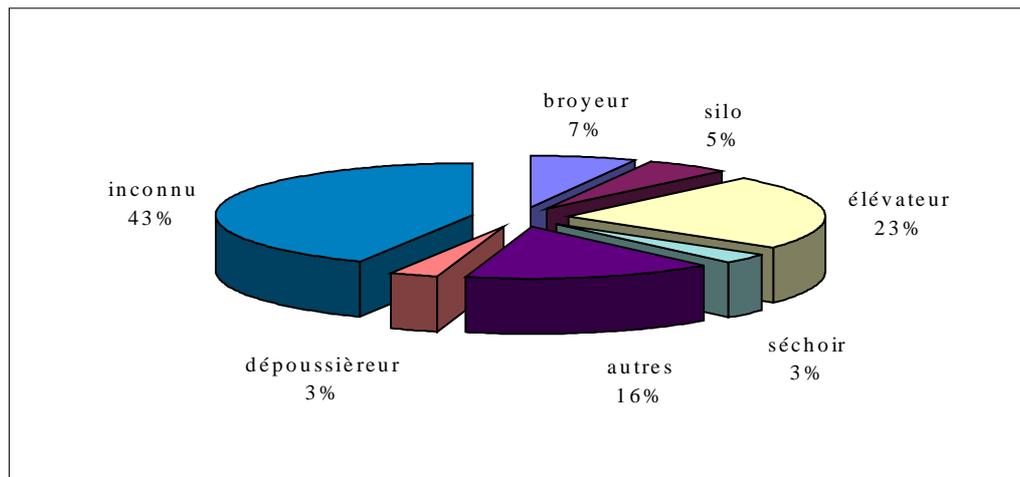


Figure 4-4: les appareils où se produisent des explosions de poussières dans l'industrie l'agro-alimentaire aux Etats-Unis (/2/)

Au même titre que les données sur les sources d'inflammation, ces données sont à prendre avec réserve. En effet, l'expérience nous enseigne qu'il est parfois difficile d'identifier l'équipement qui a été le siège d'une explosion primaire. La propagation fréquente des explosions d'un équipement à l'autre explique cette difficulté. La part d'inconnu (43%) exposé par le graphique ci-dessus atteste de cette réalité.

Malgré tout, ces données confirment que les élévateurs sont le plus souvent impliqués dans les explosions primaires (près d'1 explosion sur 4) et ce avec une fréquence 3 fois plus élevée que tout autre appareil. La présence commune d'atmosphères explosibles et de sources d'inflammation potentielles expliquent ce constat.

Localisation des explosions primaires sur la décennie 1990-1999

Au cours de cette période qui a connu 129 explosions, la localisation de l'explosion primaire a pu être proposée dans 93% des cas.

Localisation de l'explosion primaire	Part dans les appareils identifiées (%)
Elévateur à godet	48
trémie	15
Filtres poussières	5
Système de dépoussiérage	4
broyeur	5
silos	4
Autres	10

En dépit des enseignements tirés de la période précédente et de mesures de prévention spécifiques aux élévateurs à godets insérés dans le réglementation de 1987, on constate que les élévateurs à godets demeurent très souvent le point de départ des explosions.

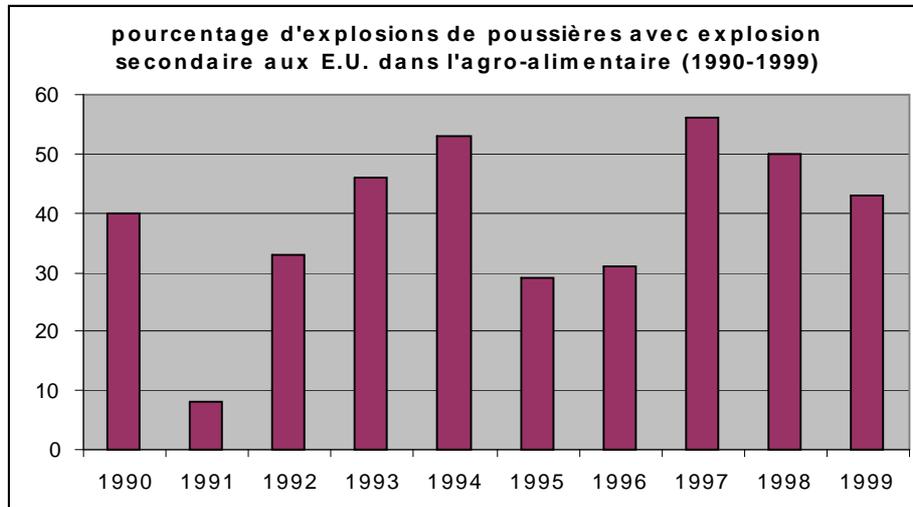
On constate enfin le rôle prépondérant également joué par les trémies. Les autres équipements sont minoritaires (<5%).

Année 2000 :

Sur un total de 8 explosions, 3 ont pris naissance dans l'élévateur. Outre 2 explosions dont l'origine est indéterminée, les autres équipements incriminés sont un séchoir, un broyeur et un système de pesage.

4.3.1.7 Fréquence des explosions secondaires

Nous ne disposons de ces données que sur la période 1990-1999.

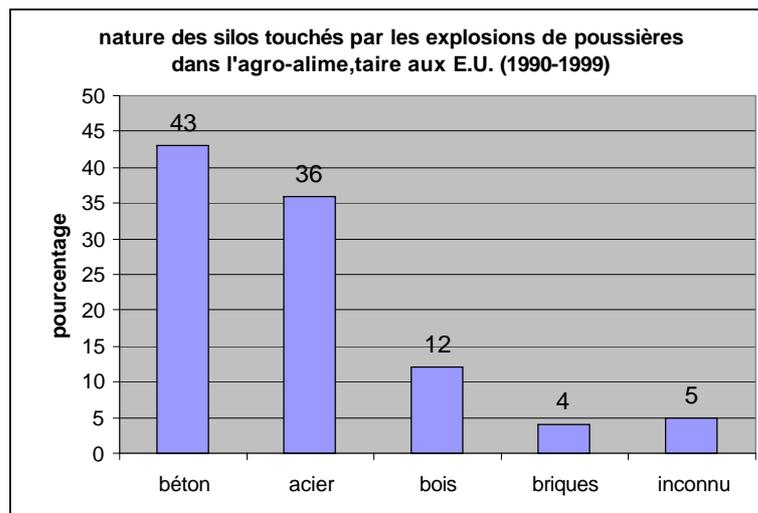


Ces explosions secondaires se caractérisent le plus souvent par l'étendue des dégâts humains et matériels qu'elles provoquent.

Ces données nous indiquent que 40% des explosions primaires engendrent des explosions secondaires. Ce constat ne fait que renforcer l'importance des mesures de découplage tout autant que le nettoyage approprié des locaux.

4.3.1.8 Nature des silos touchés

Le graphique ci-dessous présente la répartition des explosions au cours de la dernière décennie en fonction de la nature du silo (matériaux de construction).



Ces données reflètent sans doute la répartition des modes de construction aux EU.

4.3.1.9 les conséquences économiques

Le graphique suivant présente quelques coûts associés à des explosions survenues aux EU.

date	lieu	Coût
22/12/1977	Westego (Etats-Unis)	150 millions de francs
21/07/1996	Scottsbluff (Etats-Unis)	90 millions de francs

Tableau : coûts des dégâts pour quelques explosions de poussières dans l'agro-alimentaire

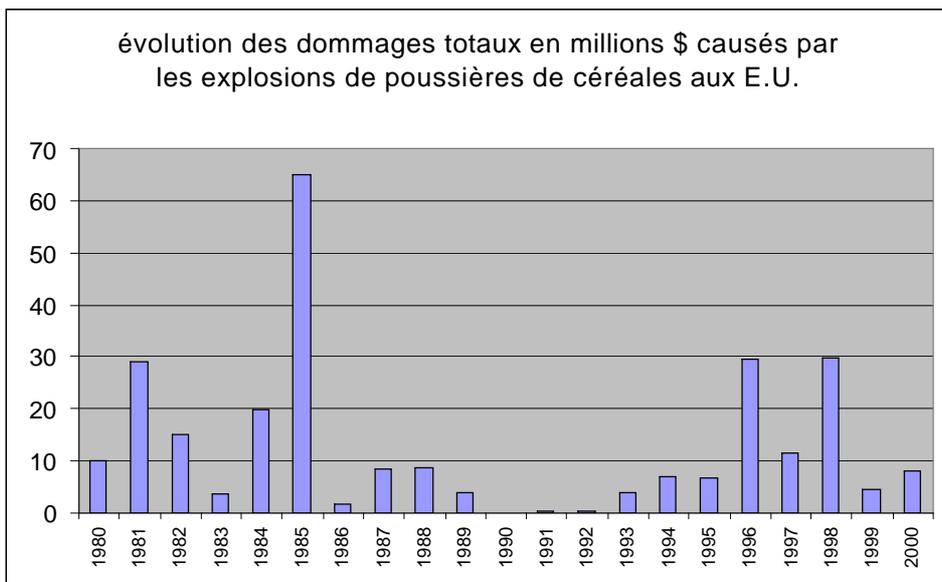
Outre les coûts directs liés à l'explosion, les coût en terme de perte d'exploitation, d'amendes... demandent à être chiffrés. Ainsi, lors de l'explosion de Sedgwick County (Etats-Unis) en 1998, le propriétaire de l'établissement, Paul DeBruce s'est vu condamné à payer une amende de 1,7 millions de dollars pour différentes violations des règles de sécurité (/ /).

Evolution des dommages aux E.U. depuis 1980

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des dommages matériels estimés des explosions de poussières de céréales aux E.U. depuis 1980 (l'année 1990 est manquante). Sur cette période le montant global atteint plus de 267 millions de dollars US (soit près de 2 milliards de francs).

On peut donc dire que les coûts annuels occasionnés par ces explosions s'élèvent à environ 13,5 millions de dollars US (soit près de 100 millions de francs). Le coût moyen d'une explosion étant alors de l'ordre de 1 million de dollars US.

Remarque : ces données sont à pondérer par la taille des installations de stockage considérées.



4.3.1.10 les dégâts

Une explosion de poussière (primaire et secondaires) dispose du potentiel pour dévaster toutes installations de stockage et de transformation de grain dans la mesure où leur mode de protection est défaillant (mauvais découplage...).

En effet, les surpressions développées par une explosion de poussières en milieu confiné dépassent le niveau de résistance mécaniques des structures. Des projections de débris peuvent accompagnés la destruction des installations.

Enfin, des bâtiments contiguës aux bâtiments d'exploitation peuvent être endommagés par ces effets mécaniques. Nous ne disposons pas d'information statistique quant aux distances d'effet.

4.4 LE POINT DE VUE D'UN EXPERT AMERICAIN

Un échange de courrier s'est opéré avec le Docteur Robert Schoeff (retraité de l'Université du Kansas), expert américain dans le domaine des explosions de poussières survenant dans les silos de céréales. Outre la publication de vidéos destinées à sensibiliser les professionnels du grain, il tient à jour les statistiques nationales relatives aux explosions de poussières dans les silos de céréales.

En perspective de ces échanges, nous pouvons dire que les actions de sécurité prioritaires menées aux USA sont les suivantes :

- déplacer les élévateurs à godets à l'extérieur des établissements,
- protéger les élévateurs à l'aide d'évents d'explosion,
- déplacer les systèmes de dépoussiérage à l'extérieur des bâtiments, à moins qu'ils ne soient protégés contre le explosions,
- ne pas réintroduire la poussière extraite dans le grain (pour les établissements portuaires),
- limiter le personnel présent dans le silo au simple personnel de maintenance. Cette présence est le plus souvent assortie d'un arrêt de l'exploitation,
- mettre en place un programme de nettoyage rigoureux,
- mettre en place un programme de maintenance et de nettoyage rigoureux des élévateurs à godets.

Dans un deuxième temps, nous lui avons soumis un ensemble de questions techniques proches de nos préoccupations actuelles (distances d'effet...) dont voici un résumé :

Selon le docteur Schoeff, l'effet thermique lié à l'explosion de poussière est la source de danger prioritaire pour les personnes présentes sur le site. Quant aux riverains, ils seraient davantage exposés à l'onde de choc et aux missiles. Cependant, aucun périmètre d'exclusion n'est défini réglementairement autour des installations américaines. L'absence de périmètre s'expliquerait par la variabilité des installations (matériaux, taille de l'élévateur...) et donc par la variabilité des conséquences envisageable.

Au sujet des convoyeurs en toiture et des convoyeurs de déstockage, les mesures de prévention principales appliquées aux USA se résument par la mise en place de détecteur d'échauffement sur les roulements et par un contrôle mécanique de l'alignement des bandes transporteuses.

Selon Mr Schoeff, les problèmes de sécurité présentés par les élévateurs à godets peuvent être éliminés en adoptant la technologie des convoyeurs inclinés. Toutefois, cette technologie présente un encombrement plus conséquent.

Quant à l'installation d'évents d'explosion sur les cellules de stockage « la recherche a montré qu'il n'était pas techniquement raisonnable d'envisager ce mode de protection dans les cellules pour lesquels le L/D est important. » Toutefois si l'explosion primaire trouve son origine dans une cellule, la présence d'un événement aura pour effet de limiter les effets d'une éventuelle explosion secondaire. »

Il existe près de 10000 sites de stockage aux USA (dont 311 sites terminaux) et près de 7000 entreprises agroalimentaires qui possèdent également des stockages importants. On ne peut pas retenir de mode de construction typique. On remarquera cependant les installations dites ouvertes pour lesquelles les galeries sur cellules sont supprimées et pour lesquels l'élévateur à godets se trouve à l'extérieur. L'élévateur à godet demeure la technique la plus largement employée pour véhiculer le grain en altitude. Parmi ces installations, peu nombreuses sont celles qui ont été fermées pour des raisons de coûts liés au respect de la nouvelle réglementation.

Enfin, il a pu être observé une diminution significative des explosions de poussières dans les silos de céréales, au cours de la dernière décennie. Selon le Docteur Schoeff, ce déclin s'explique par les raisons suivantes :

- entrée en vigueur d'une nouvelle réglementation,
- application de nouveaux principes de constructions (open structures),
- formation / sensibilisation des travailleurs,
- et enfin la mise en œuvre de principes de prévention.

Quant aux méthodes alternatives de prévention que sont l'inertage des cellules et le recours à la nébulisation d'huile, la première n'est pas utilisée pour des raisons économiques et la seconde est utilisée pour près de 40% des grains produits aux USA. Cette dernière technique ne présente d'intérêt que si la nébulisation a lieu au plus tôt dans le processus de manutention.

4.5 CONTACTS AUX USA :

❖ Docteur Robert Schoeff

Kansas State University

Department of Grain Science and Industry

☎ 785 539 8891

❖ Mr Oconnor

National grain and Feed Association

☎ 202 289 0873

❖ **Occupational Safety and Health Administration International Inquiries**

☎ 202 693 2400

5. L'ALLEMAGNE

5.1 L'APPROCHE REGLEMENTAIRE ALLEMANDE

Avant tout, il faut noter qu'il n'existe pas en Allemagne de texte de loi qui soit spécifique à la prévention et à la protection des explosions de poussières et aux incendies dans les silos de stockage de céréales. En revanche la protection des travailleurs contre les effets délétères des explosions est couverte par la législation relative à l'hygiène et la sécurité des travailleurs.

A cet égard, nous remarquerons que ces textes exclusivement qui sont dédiés à la sécurité des travailleurs s'avèrent insuffisants pour ce qui a trait à la protection des riverains et plus généralement à l'environnement de ces installations.

Cette lacune a été compensée en 1991, par l'introduction du risque présenté par les explosions de poussières dans la législation Allemande relative à « la prévention des accidents majeurs ». Cette volonté a mis en évidence quelques difficultés et plus particulièrement celle de définir des seuils à partir desquels les installations sont soumises à cette réglementation. En effet, la poussière combustible n'est explosible que lorsqu'elle se trouve en suspension dans l'air. Ainsi, la définition de seuils qui soient basés sur la quantité de produits stockés ou manipulés n'est pas pertinent.

Par conséquent, l'Allemagne a préféré adopter des seuils qui soient basés sur les volumes des locaux et parties de procédés contenant une atmosphère explosive faite de poussière et d'air.

A ce titre, le principe consiste à recenser les zones 10 (nouvellement zones 20), à cumuler leurs volumes respectifs et à les comparer à des seuils basés sur le volume total potentiellement occupé par des atmosphères explosibles de poussières. Des obligations plus ou moins contraignantes s'appliquent alors en fonction des volumes calculés (niveau haut, niveau bas...).

Cette approche intéressante présente cependant des lacunes dans le cadre d'une application aux silos de céréales. En effet, quand bien même les explosions primaires prennent naissance dans les zones 10, les explosions secondaires quant à elles peuvent se produire dans tous locaux dans lesquels de la poussière combustibles peut y être mis en suspension. Ces explosions secondaires étant par ailleurs les plus redoutées.

Ainsi, afin de couvrir le risque de la meilleure manière qu'il soit, Mr Uth (du Umwelt Bundes Amt) suggère de prendre également en compte les locaux des installations de stockage pouvant contenir des atmosphères explosives lors du calcul des volumes. Cette proposition ainsi que la prise en compte du risque poussière en général dans la législation sur la prévention des accidents majeurs fait aujourd'hui l'objet d'un débat en Allemagne. Il est attendu que de nouvelles dispositions soient prises dans le cadre de la transcription en droit Allemand de la directive SEVESO II).

Remarquons cependant que la directive SEVESO II (96/82/CE) ne réglemente pas les risques liés aux explosions de poussières. Mr Uth insiste alors sur la nécessité d'incorporer une catégorie liée aux atmosphères explosives formées d'air et de poussières. L'application des nouveaux concepts de cette directive (SMS...) seraient de nature à améliorer le niveau de contrôle et donc de sécurité de ce risque spécifique.

Ainsi, l'Allemagne privilégie l'analyse de risque systématique et la définition de mesures de prévention et de protection en réponse à cette analyse plutôt que l'établissement d'une réglementation spécifique en terme de moyens. Cet état d'esprit se base sur le concept de prévention des effets socialement inacceptables. A cet égard, ils adoptent le concept de la « sécurité étagée » présentée par ailleurs dans la directive SEVESO I (82/501/EEC). C'est à dire :

1. Remplacement des produits dangereux ou réduction de leur quantité dans des niveaux acceptables,
2. Réduction des étapes critiques dans le procédé grâce à des mesures de conception alternatives,
3. Fractionnement / isolement des produits,
4. Mesures de nature à limiter l'extension des accidents majeurs,
5. Limitation des effets des accidents majeurs au travers de mesures techniques et organisationnelles,
6. Protection des éléments sensibles de l'environnement.

5.2 L'APPROCHE NORMATIVE : VDI 2263

Il existe une règle technique, la VDI 2263 qui présente les modes de prévention et de protection applicables aux installations qui mettent en œuvre des poussières combustibles. Cette règle est applicable aux silos de stockage.

Il est attendu que les industriels s'y réfèrent dans l'optique de répondre aux attentes légales relatives à la protection des travailleurs et de l'environnement.

VDI 2263 : Staubbrände und Staubexplosionen (Gefahren – Beurteilung – Schutzmassnahmen) (*Incendies et explosions de poussières, danger, évaluation du risque et mesures de protection*)

◆ Dispositions générales

Dans le cadre de ce rapport, nous ne nous intéresserons uniquement qu'au sixième chapitre de cette norme qui se propose de traiter des mesures fondamentales de prévention et de protection pour certains équipements et certains lieux dans lesquels sont présentes des poussières combustibles.

Dans un premier temps, il est question de dispositions relatives à la conception des lieux dans lesquels de la poussière est susceptible de s'accumuler. Il s'agit par exemple de faciliter le nettoyage, d'utiliser dans les locaux des couleurs en contraste avec la couleur de la poussière... .

Quant aux équipements en général, il est recommandé qu'ils opèrent à pression négative afin de limiter les émissions de poussières dans l'air ambiant. Des équipements sont pris en exemple, les dangers qu'ils leur sont afférents ainsi que les mesures applicables sont succinctement détaillées.

Les systèmes de convoyage sont d'abord passés en revue. Il est signalé à leur égard qu'ils sont propices au transport de particules incandescentes. Les convoyeurs mécaniques pouvant eux même être la cause de l'allumage de particules du fait par exemple de la friction entre les parties fixes et les parties mobiles. D'une manière générale, les convoyeurs fermés sont préférés aux convoyeurs ouverts pour des raisons d'empoussièremement de l'espace de travail. La mise à la terre des éléments conducteurs (et surtout pour les transports pneumatiques) est l'une des mesures de prévention essentielle.

◆ Les convoyeurs

Les convoyeurs pneumatiques : Faible risque d'ignition si le dispositif de soufflage ne se trouve pas sur la course du produit. La température de transport doit être maintenue basse afin de s'affranchir des risques d'auto échauffement.

Les convoyeurs à bande : On remarque généralement une accumulation de poussières dans la partie inférieure du casing du fait des possibilités réduites d'accès et de nettoyage. Ces systèmes conduisent également à la dissémination de poussières. Enfin, la bande peut s'échauffer si elle se met à glisser sur un rouleau coincé. La maîtrise des risques associés à ces équipements passe par un entretien régulier, un contrôle de la température, un contrôle de l'alignement de la bande ainsi qu'un contrôle des glissements de la bande sur des équipements dont le mouvement a été interrompu de manière intempestive.

Les élévateurs à godets : On constate tout d'abord la présence dans ces installations d'un mélange explosible air / poussières. Des sources d'ignition peuvent également être identifiées. On retrouve par exemple la surchauffe de roulements à billes et autres éléments cinétiques, l'échauffement de la bande si elle entre en contact avec le casing, choc entre des débris et les équipements... . La maîtrise des risques associés transite par la disposition d'espaces libres entre les parties fixes et les parties mobiles, un contrôle de la température, des mesures de contrôle du glissement et de l'alignement, la mise place d'événements d'explosion et/ou la mise en place de systèmes de suppression.

◆ Les équipements de stockage : silos et bunkers

Les dangers sont liés à la présence permanente ou non de mélanges de poussières et d'air et éventuellement de mélanges hybrides. On déplore également des feux qui ont pour cause la présence de particules incandescentes ou un phénomène d'auto échauffement. Parmi les mesures destinées à maîtriser le risque, il est cité par exemple :

- la protection des installations par inertage,
- la construction de structures résistantes à la pression,
- la mise en place d'événements,
- le contrôle de la température et des gaz (CO) ,
- inertage en cas d'incendie et mesure de la concentration en oxygène des parties non concernées par l'incendie,

- épandage de mousse en cas de feu,
- protection des stockages à l'aide de systèmes sprinklers,

◆ Les séparateurs de poussières

On trouve dans ces équipements la présence permanente de mélanges explosibles. Les risques d'explosions sont particulièrement présents lors des phases de nettoyage (particules incandescentes, électricité statique). Ce risque est particulièrement significatif dans le cas des mélanges hybrides. Les mesures de prévention / protection sont les suivantes :

- utiliser autant que faire ce peut des séparateurs à force centrifuge,
- vérifier la mise à la terre des équipements,
- procéder à un nettoyage périodique,
- protéger les équipements contre les effets des explosions au travers de dispositions de conception,

◆ Les systèmes d'aspiration des poussières

Les risques sont liés à la mise en suspension, lors du démarrage, de poussières déposées dans les canalisations des installations à l'arrêt. On citera également le risque d'inflammation lié à l'aspiration de particules incandescentes ainsi que le risque de propagation de l'explosion dans toutes les branches du système. Les mesures de réduction du risque impliquent :

- d'éviter que les poussières ne se déposent en ayant recours à une vitesse de transport de l'ordre de 20 m/s et en temporisant l'arrêt de l'installation,
- de détecter et d'éteindre les particules incandescentes qui circulent dans les canalisations,
- de mettre à la terre les équipements,
- de préférer des systèmes d'aspiration locaux aux systèmes centraux,
- de protéger contre l'explosion au travers de dispositions de conception.

En dernier lieu il est question des opérations de maintenance et des recours au permis de feu.

◆ Autre documentation consultable

 Règles de prévention éditées par l'association des assurances des industriels (Unfallverhütungsvorschriften der gewerblichen Berufsgenossenschaften)

- VBG 112 : silos

 Normes VDI

- VDI 3673 : événements pour les explosions de poussières (Druckentlastung von Staubexplosionen),
- VDI 2262 : contrôle de la poussière au lieu de travail (Staubbekämpfung am Arbeitsplatz)

5.3 PARALLELE AVEC LA PROBLEMATIQUE FRANÇAISE

A la différence de la France, aucun texte ne traite de distance d'éloignement autour des silos de stockage. L'établissement d'une telle distance serait le fruit de l'analyse de risques. De même, il n'est pas fait référence à la nécessité d'éloigner le personnel non opérant de l'installation.

5.4 QUELQUES ELEMENTS DE STATISTIQUES

5.4.1 Les explosions de poussières en Allemagne, tout secteur

En Allemagne, il est recensé (Eckhoff, 1997) environ 160 explosions de poussières à l'année.

Six grands secteurs industriels sont touchés par ces phénomènes : l'industrie du bois et de l'ameublement, l'industrie du papier, l'industrie du charbon et de la tourbe, l'industrie agro-alimentaire, l'industrie du plastique, l'industrie du métal.

Pendant la période 1970-1995, 600 explosions de poussières ont été recensées. Elles sont réparties de la façon suivante:

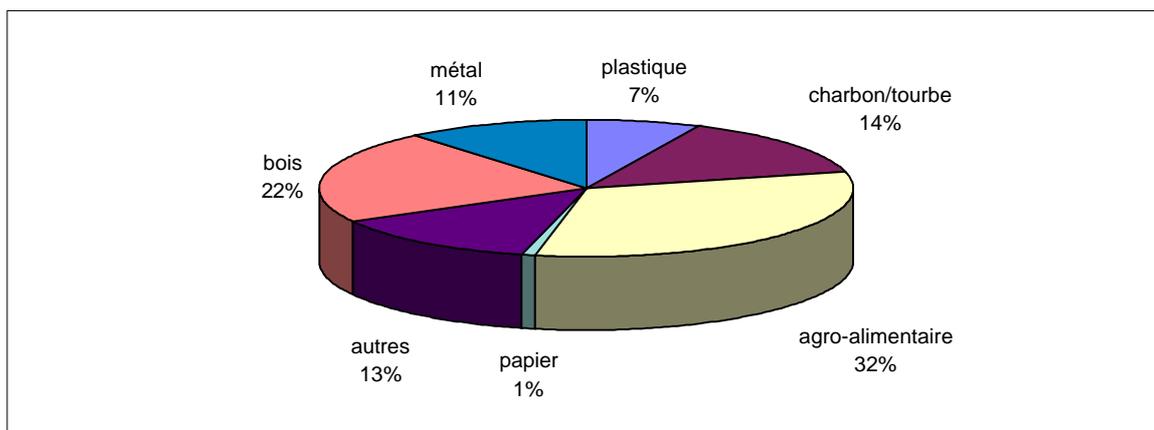


Figure 5-1: les explosions de poussières dans les différents secteurs industriels en Allemagne (/8/)

Les autres secteurs industriels concernent les industries chimiques et pharmaceutiques.

5.4.1.1 Les explosions de poussières dans l'agro-alimentaire en Allemagne

Depuis 25 ans, le BIA (Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit) recense les explosions de poussières qui surviennent sur le sol Allemand.

Au cours de la période 1970-1995, 192 explosions de poussières ont été recensées dans le secteur de l'agro-alimentaire. (/9/). Des données statistiques relatives à la localisation de l'explosion ou encore à la nature de la source d'inflammation sont alors proposées.

5.4.2 Les sources d'inflammation en cause

Les sources d'inflammation recensées sont variées.

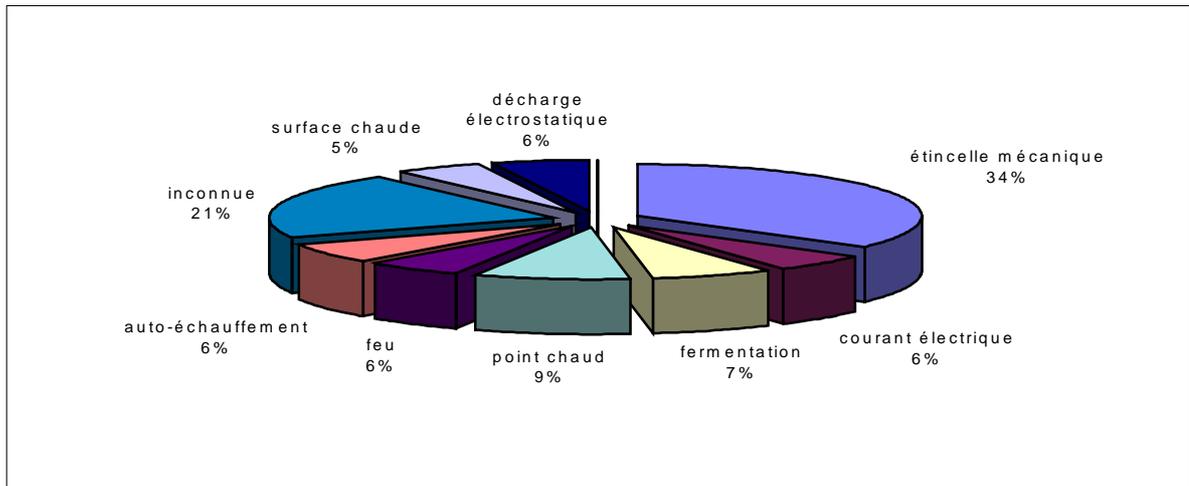


Figure 5-2: les sources d'inflammation dans l'agro-alimentaire en Allemagne (/9/)

Il apparaît que les étincelles mécaniques constituent la source d'inflammation la plus récurrente puisque présente dans 1 cas sur 3. La part des autres sources d'inflammation oscille entre 6 et 9%..

Enfin, on constate que, dans 1 cas sur 5, la source d'inflammation est restée inconnue. La répartition diverge quelque peu de celle observée par les Américains.

5.4.3 les appareils où se produisent les explosions de poussières en Allemagne

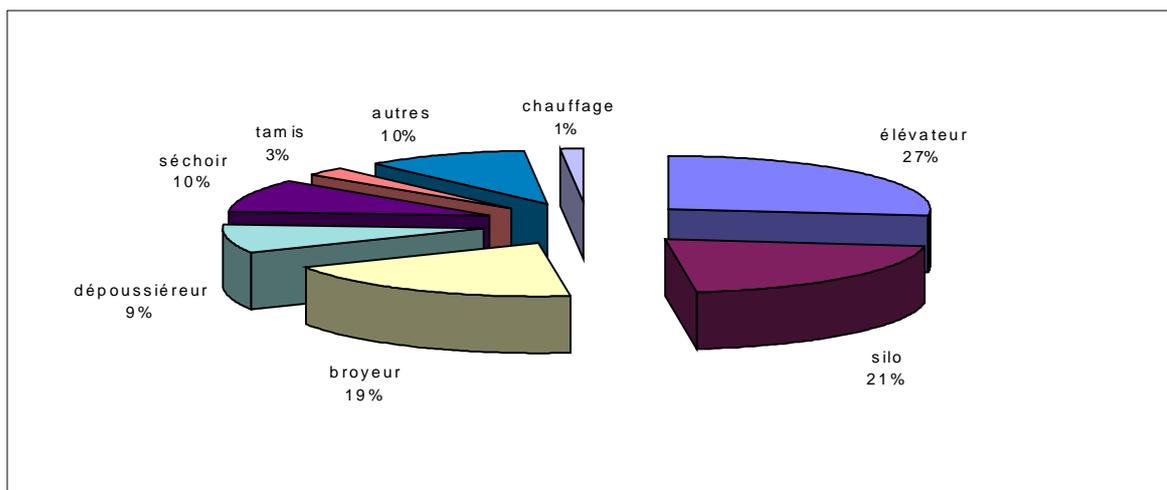


Figure 5-3: les appareils où se produisent les explosions dans l'industrie agro-alimentaire en Allemagne (/9/)

A l'instar des EU, les élévateurs sont les équipements les plus touchés par les explosions dans l'industrie agro-alimentaire (plus d'1 cas sur 4).

On trouve un nombre voisin d'explosion dans les silos et les broyeurs qui sont fréquemment touchés (1 cas sur 5).

Enfin, les dépoussiéreurs et les séchoirs sont également largement (1 cas sur 10).

Remarque : les divergences avec les statistiques américaines peuvent s'expliquer :

- une répartition différente dans l'activité du secteur agro-alimentaire (stockage / transformation),
- un champ d'investigation dont les limites sont distinctes.

5.4.4 les conséquences économiques

Exposer l'accident, cumuler conséquences financières et matérielles.

5.4.5 Distances d'effets

Nous ne disposons d'aucune référence portant sur ce sujet en provenance de l'Allemagne.

5.5 CONTACTS

❖ Mr Hans-Joachim Uth

Umwelt Bundes Amt

☎ (+49-30) 8903 3457

❖ Mr Hauert

Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten

☎ 0621 / 4456 3489

6. L'ANGLETERRE

6.1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Tout comme en Allemagne, il n'existe pas en Angleterre de lois spécifiques qui traitent de la prévention et de la protection contre le risque d'explosion dans les silos de céréales.

Depuis 1961, il existe une loi qui impose l'emploi d'évents d'explosion ainsi que d'autres mesures de protection dans les installations qui mettent en œuvre des poussières combustibles. Toutefois, cette législation est générale et ne concerne pas spécifiquement les silos. Cette loi de 1961 va être abrogée dès lors que les directives 1998/24 CE et ATEX 1999/92 CE seront transcrites en droit national.

Par ailleurs, depuis 1974, il est demandé aux employeurs dans le cadre d'une nouvelle législation relative à l'hygiène et la sécurité des travailleurs (Health & Safety at work Act 1974), de prendre toutes les précautions « raisonnablement pratiques » afin de contrôler les risques sur le lieu de travail.

Suite à l'accident de Blaye, les inspecteurs anglais de la HSE (Health & Safety Executive) ont visité un certain nombre des terminaux de stockage. Parmi les installations visitées, peu disposaient de systèmes de protection adéquats. L'un des terminaux situé à Liverpool s'est vu imposer d'améliorer le niveau de sécurité de l'élévateur à godets. Toutefois, il n'a pas été jugé opportun d'aller plus loin dans ces démarches en obligeant l'exploitant à installer des événements ou des suppresseurs d'explosion sur les cellules.

Cet exemple illustre bien l'approche coût / bénéfice (cost/benefit) retenue par les Anglais pour justifier ou non d'investissements favorables à la sécurité.

En réponse à cette approche, les inspecteurs de la HSE s'attendent à ce que les exploitants mettent en place les mesures « bon marché ». A ce titre, exigent que les parties métalliques soient systématiquement mises à la terre. A contrario, des mesures beaucoup plus coûteuses telles que la séparation de la poussière et du grain avant manutention ne seraient pas exigées pour des raisons de coût.

En suivant la même philosophie, et sachant qu'il est beaucoup moins coûteux d'intégrer la sécurité dès la phase de conception, il est attendu que les nouveaux silos soient systématiquement équipés d'évents.

6.2 LES NORMES

Les dispositions de prévention et de protection s'appuient sur des recommandations à caractère non réglementaire publiées par l'Association des Ingénieurs Chimistes et rédigé par le docteur Lunn. Ce livre, révisé en 1998 s'intitule « Dust explosion prevention and protection » (prévention et protection contre les explosions de poussières).

6.3 EVOLUTIONS FUTURES

La HSE juge le niveau des connaissances actuelles insuffisant lorsque les explosions de poussières se produisent dans des installations de stockage de céréales. En conséquence, l'Angleterre juge inopportun de soumettre ses administrés à une réglementation dont le fondement scientifique serait insuffisant. Dans ce sens, aucune norme n'est recommandée. Il est davantage souhaité que les exploitants fassent référence à plusieurs d'entre elles et qu'ils les adaptent au mieux à leur situation.

Eu égard à ces normes, il faut noter que les experts Anglais ne se satisfont pas des recommandations promulgués dans la norme VDI 3673.

Pour l'heure, bien que la HSE juge utile de limiter le nombre de personnes travaillant dans les installation (personnel administratif...), nul n'a été forcé à se soumettre à cette règle à ce jour.

6.4 CONTACT

❖ Alan Tyldesley
Principal Specialist Inspector
Technology Division
Health & Safety Executive

7. LE CANADA

7.1 LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Une fois encore, il n'existe pas de législation qui traite exclusivement des installations de stockage et manutention de céréales. Les dispositions légales applicables aux silos sont diffuses et consultables au travers de textes divers. Ainsi, la sécurité dans les silos à grains est couverte par :

- Le code Canadien du travail,
- Le code Canadien en électricité,
- Le code National sur les incendies
- Et enfin le code National en bâtiment

Ces codes ont une portée fédérale. Les silos de céréales autorisés par la Commission Canadienne des grains, certains moulins à grains... sont soumis à cette autorité fédérale.

7.2 LES NORMES

Les normes NFPA font également office de référence pour le Canada. Nous ne savons pas si d'autres normes existent.

7.3 L'ATTITUDE DU CANADA FACE A CE RISQUE

Le Canada souligne la nécessité de prévenir et de limiter les explosions secondaires. Par conséquent, la poussière en couche leur semble être le combustible le plus dangereux. Quant aux équipements, ils retiennent les élévateurs à godets comme présentant les plus grands risques d'explosions. Ce risque est d'autant plus grand qu'ils sont généralement situés à l'intérieur des installations et qu'ils les traverse de part en part. Face à ces risques, l'entretien adéquat (maintenance, nettoyage) constitue à leurs yeux la clé de la prévention des incendies et des explosions dans les silos.

Parmi les grands axes de prévention nous retrouverons en premier lieu le contrôle des combustibles. Un tel objectif passe par le contrôle des poussières à la source (mise en dépression des casings ...). La poussière en couche est tolérée jusqu'à une épaisseur de 3 mm. Les procédés alternatifs de contrôle des poussières sont également retenus (nébulisation). La maîtrise des combustibles passe également par la définition et l'application de programmes de nettoyage, par la mise en place de systèmes d'aspiration de poussières déjà retombées. Les revêtements du sol et des murs sont également considérés ainsi que la minimisation des surfaces horizontales. En ce qui concerne les équipements de travail, les bandes transporteuses doivent être à « l'épreuve du feu ». Enfin, il est également envisagé de contrôler la teneur en poussières des atmosphères dans chaque silo afin de déterminer si on y trouve des niveaux dangereux de poussière en suspension.

Quant aux sources d'ignition, il a été relevé que les sources d'ignition les plus fréquentes dans les silos canadiens sont le glissement des courroies en V, l'échauffement anormal des roulements, le glissement des courroies des élévateur sur la poulie de commande, les machines à moulin et enfin les travaux de soudage et d'oxycoupage.

Par rapport à ces causes, on retrouve des mesures qui portent sur la maintenance des installations, l'utilisation d'aimants pour retirer les débris métalliques, le suivi de la température des roulements... . En outre, on notera la protection des moteurs contre la surcharge, les permis de feu, les plans de prévention, l'utilisation de matériel électrique approprié, le suivi de l'alignement des bandes, le contrôle de glissement des courroies, la mise à la terre des équipements électriques, l'utilisation de courroies conductrices de l'électricité et enfin l'interdiction de fumer dans les locaux.

Les normes NFPA telles que celles citées plus haut font office de références pour le Canada également.

7.4 CONTACTS :

❖ Sandy Hayglass
Occupational Health & Safety Officer
Canadian Grain Commission
☎ 204 983 1284

❖ George Garland
Conseil de Recherche Agroalimentaire du Canada
Expert Comity on Agricultural Structure
☎ 519 826 3122

8. L'AUSTRALIE

8.1 PREAMBULE

Notre étude sur la situation en Australie **n'est pas encore terminée** alors que ce rapport est publié. **Les informations contenues dans les chapitres qui suivent seront complétées dans un document à paraître.**

8.2 INTRODUCTION

Jusqu'aux années 1980, l'activité liée au grain était gérée par l'état Australien. Depuis lors, cette activité est partagée entre 4 acteurs privés majoritaires dont l'activité est largement tournée vers l'export.

8.3 LE CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF

Nos contacts nous rapportent que la réglementation n'a pas évolué conjointement avec la privatisation. Ainsi, ce domaine d'activité demeure « auto-réglementé ». En effet, il ne semble pas exister de textes de loi spécifiques à la sécurité dans les installations de stockage de grains. Cette option ne s'est pas imposée comme une nécessité compte tenu du faible nombre d'accidents sur le sol Australien et de leur caractère non catastrophique à contrario de l'expérience Américaine. Cependant, il faut noter que les installations potentiellement dangereuses dont font parties les installations de stockage de grains doivent faire l'objet d'une analyse de risque détaillée avant le stade de la construction.

Le cadre normatif n'est quant à lui pas plus étoffé. On retrouve avant tout des normes qui portent sur l'utilisation du matériel électrique en atmosphères explosives et sur leur mode de protection. Quelques normes par ailleurs concernent les bandes des convoyeurs eu égard à leur caractéristiques de propagation de la flamme, à leur échauffement au frottement ou encore à leur propriétés antistatiques.

Enfin, il nous a été rapporté l'existence d'une norme relative à la conception des silos. Nous n'avons pas été en mesure de la retrouver dans le catalogue de « standards Australia ».

Les principes retenus pour la protection des équipements contre les explosions sont avant tout tirés des normes NFPA Américaines et en dernier lieu des normes Européennes.

De fait, il semble que l'Australie ait pris le parti de développer des textes spécifiques uniquement dans le cas de préoccupations qui lui sont propres. Il s'agit par exemple de la conception des silos en vue de mettre en œuvre les techniques de fumigation, ou encore les principes de fumigation eux-mêmes.

8.4 L'APPROCHE PRATIQUE RETENUE PAR L'AUSTRALIE

Malgré l'absence de textes de loi ou de normes spécifiques, l'Australie n'est pas le siège de sinistres de renom dans le domaine des explosions de poussières et ce malgré un parc de stockage conséquent. A titre d'exemple, la coopérative CBH of West Australia qui recouvre ¼ de l'activité économique liée au grain dispose de 192 dépôts intermédiaires et de 4 terminaux maritimes, pour un total de 12 millions de tonnes de grain manipulés chaque année.

Pour les installations nouvellement construites, cette spécificité peut s'expliquer par l'intérêt porté à la conception intrinsèquement sûre des installations. Ainsi, l'installation systématique d'élévateurs inclinés au cours de ces dernières années témoigne de cet engagement. Quant bien même des élévateurs à godets aient été ou soient installés, il apparaît que les organes tournants tels les roulements soient systématiquement positionnés à l'extérieur.

Outre les élévateurs à godets, nous pouvons indiquer que les convoyeurs de récupérations sont aériens et que les convoyeurs d'alimentation sont largement ouverts ou du moins enfermés dans des couloirs facilement soufflables. Par ailleurs, l'accent est mis sur le découplage des cellules qui de toutes façons sont scellées pour des raisons de conservation du grain.

Outre les aspects positifs liés à la conception des installations, nous remarquerons que les locaux destinés à abriter le personnel (logements et locaux administratifs) sont implantés à la périphérie du stockage. Aucune distance de sécurité spécifique n'est appliquée. De plus, les installations de dépoussiérage sont situées dans les locaux de travail. Une fois extraite, la poussière n'est pas réintroduite dans le grain.

Ces systèmes de dépoussiérage sont systématiquement présents dans les terminaux portuaires, ce qui n'est pas le cas des points de stockage intermédiaires pour lesquels le nettoyage des installations devient une priorité.

Les techniques de nébulisation et d'inertage ne sont pas utilisées.

Eu égard au contrôle des sources d'inflammation et à la détection des incendies, nous pouvons indiquer que des détecteurs de chaleurs sont utilisés sur les organes tournants (convoyeur...) et que la silo thermie est mise en œuvre. .

Quant aux aspects organisationnels, des délégués aux questions d'hygiène et de sécurité sont désignés par secteurs géographiques. Ces personnes bénéficient d'une formation spécifique de quelques jours. Des comités d'hygiène et de sécurité se réunissent régulièrement dans chaque secteur. Les aspects liés aux explosions de poussières sont particulièrement abordés au cours de la rencontre qui précède la récolte.

Chaque compagnie dispose de sa propre politique de sécurité accompagnée d'un système documentaire soutenu par des procédures.

8.5 ELEMENTS D'ACCIDENTOLOGIE

Très peu d'explosions nous ont été rapportées. Nous sommes dans l'attente de précisions sur ce sujet.

Nous pouvons cependant rapporter le cas d'une explosion qui s'est produite au cours des années 1980 à Brisbane. Cette explosion n'a fait aucune victime. Les dégâts matériels se résument à l'unique destruction d'une cellule de stockage malgré la présence de cellules contiguës.

L'analyse de l'explosion a permis de déterminer qu'un corps étranger métallique est venu percuter une trappe au travers de laquelle avait lieu le remplissage de la cellule. Cette trappe d'obturation était partiellement ouverte et se trouvait donc sur la trajectoire du grain et par conséquent du corps étranger également.

Les experts chargés de l'analyse de l'accident ont relevés une vitesse excessive de transport du grain ainsi que le caractère particulièrement sec et poussiéreux du grain véhiculé le jour de l'accident.

L'explosion qui a pris naissance dans l'une des cellules ne s'est pas propagée aux autres compte tenu des mesures de découplage en place. La flamme d'explosion s'est propagée dans la galerie sur toiture qui disposait de larges ouvertures et d'un revêtement léger en tôles. Certaines de ces tôles ont été soufflés par l'explosion.

Outre cet accident, j'ai interrogé le responsable de la sécurité de la société céréalière Graincorp (1/4 de l'activité financière liée aux céréales) qui m'a indiqué ne pas avoir connu de sinistres liés aux explosions de poussières au sein de sa compagnie. Seuls des incendies nous ont été rapportés.

Le responsable sécurité de la société CBH of west Australia nous a quant à lui indiqué avoir connaissance de deux explosions récentes dans d'autres sociétés. Pour chacune de ces explosion, aucune victime n'est à déplorer et les dégâts matériels ont été très limité.

La première explosion dont il est question s'est produite il y a un peu plus de deux ans. La source d'inflammation était vraisemblablement une cigarette. La seconde quant à elle s'est produite il y a un peu plus d'un an dans une installations nouvelle. Un élément métallique issu du processus de construction ayant été identifié comme la cause de l'explosion. Nous ne disposons pas pour l'heure d'informations supplémentaires.

8.6 CONTACTS

❖ Mr Dan Tomas
Health & Safety Manager
Graincorp
☎ 0061 29 235 9100

❖ Mr Jonathan Banks
Grain Research Laboratory
☎ 0061 26 246 4201

❖ Mr Bob Bacon
Health & Safety Manager
Co-operatibe Bulk Handling Ltd (CBH)
☎ 0061 89 237 9600

❖ Mr Charlie McMonagle
PPK Environment & Infrastructure Pty. Ltd,
Expert in charge of conducting the investigation for the dust explosion that occured at Brisbane
☎ 0061 39 207 5728

❖ Mr Ian Broadfoot

Retired

Assistant in charge of conducting the investigation for the dust explosion that occurred at Brisbane

☎ 0061 75 474 3986

9. CONCLUSION

Ce tour d'horizon des « réglementations » étrangères s'appliquant aux silos de stockage de céréales nous permet de constater que seuls la France et les Etats-Unis disposent d'une réglementation spécifique. Parmi les pays étudiés (Angleterre, Allemagne, Canada, USA,). Le texte de loi des EU, bien que similaire au texte français, n'est pas aussi détaillé et aussi prescriptif. Les experts américains jugent que sa mise en œuvre a directement contribué à améliorer les conditions de sécurité dans les installations de stockage sans pour autant impliquer des frais rétroactifs pour les exploitants.

Ce principe coût de la sécurité / bénéfiques pour la société est par ailleurs retenu par la HSE lors de la définition des prescriptions de sécurité. Ainsi, des modifications trop onéreuses ne seraient vraisemblablement pas requises dans la mesure où le gain en terme de sécurité serait jugé trop faible.

Pour les pays qui ne disposent pas de législation spécifique, il s'agit de la législation du travail qui conditionne les exigences de sécurité relatives à la protection des travailleurs. L'impact potentiel sur l'environnement est quant à lui abordé dans les législations relatives à la protection contre les risques majeurs.

Les normes qui ont trait soit directement aux silos soit indirectement aux installations qui mettent en œuvre de poussières combustibles sont en revanche plus courantes. A cet égard, nous pouvons citer la norme NFPA 61 dont semble s'être inspirée la réglementation française. Il s'agit du seul texte dans lequel sont abordées les questions relatives aux distances d'éloignement des tiers et du personnel qui ne soit pas strictement nécessaire au fonctionnement du silo.

Les dispositions prises dans chacun des pays étudiés répondent à des contextes particuliers (rôle économique de l'agriculture, types d'installations, nombre d'installations...) et à des philosophies différentes dans l'approche et la maîtrise du risque. Cependant, les principes de prévention et de protection appliqués dans chacun des pays convergent tous vers des dispositions similaires en mettant plus ou moins l'accent sur l'une ou l'autre de ces composantes de la maîtrise du risque.

